

Verteilung der Querspannungen in
gekrümmten Satteldachträgern unter
Streckenlast und Vergleich mit dem
vereinfachten Verfahren nach DIN V
ENV 1995, Teil 1-1

T 2657

T 2657

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

**VERTEILUNG DER QUERZUGSPANNUNGEN IN GEKRÜMMTEN
SATTELDACHTRÄGERN UNTER STRECKENLAST UND VERGLEICH MIT
DEM VEREINFACHTEN VERFAHREN NACH DIN V ENV 1995, TEIL 1-1**

von

Jürgen Ehlbeck und Jürgen Kürth

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine
Abteilung Ingenieurholzbau
Universität Fridericiana Karlsruhe
Univ.-Professor Dr.-Ing. Jürgen Ehlbeck
1994

Verteilung der Querkzugspannungen in gekrümmten Satteldachträgern unter Streckenlast und Vergleich mit dem vereinfachten Verfahren nach DIN V ENV 1995, Teil 1-1¹

J. Ehlbeck und J. Kürth

Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abt. Ingenieurholzbau, Universität (TH) Karlsruhe

1 Einleitung

Für den Fall der gekrümmten Satteldachträger nach Bild 1 wird in EUROCODE 5 (DIN V ENV 1995, Teil 1-1) "Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken" (EC 5) zur Berechnung der Bemessungswerte der Längs- und Querkzugspannungen im Firstquerschnitt ein Näherungsverfahren angegeben, das auf Untersuchungen von Blumer (1972/1979) beruht und bis auf die Bezeichnungen mit DIN 1052 identisch ist. Unter der Voraussetzung eines konstanten Momentes im gekrümmten Bereich können die Längs- und Querkzugspannungen aus den Biegespannungen nach der Balkentheorie mittels der Faktoren k_l und k_p nach EC 5 bzw. $\kappa_{||}$ und κ_{\perp} nach DIN 1052 ermittelt werden.

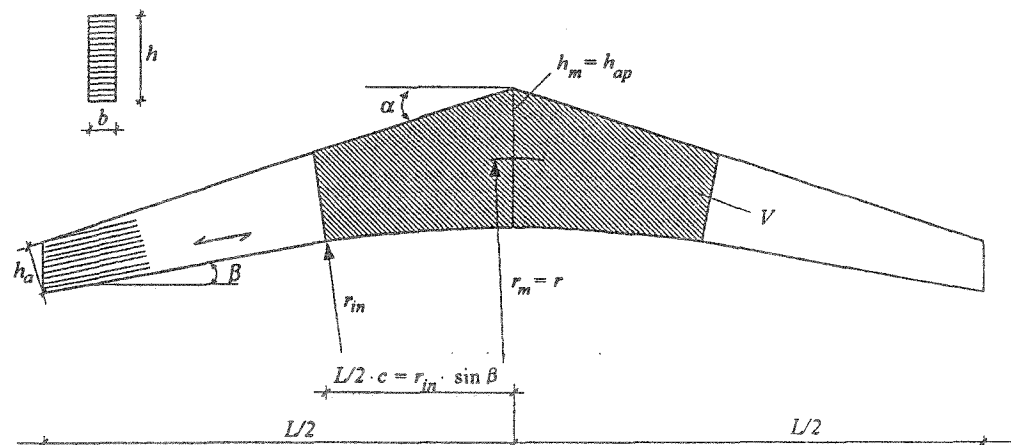


Bild 1 Trägergeometrie

Diese Gleichungen haben nach Blumer folgende Gültigkeitsbereiche: $h_m/r_m < 0,4$ und Obergurtneigung $\alpha < 25^\circ$. In DIN 1052 wurde die größte Obergurtneigung auf 20° begrenzt, im EC 5 sind bisher keine Grenzen vorgesehen.

¹Forschungsvorhaben, durchgeführt im Auftrag der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der DGfH mit finanzieller Unterstützung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt)

Bei der Bemessung berücksichtigt EC 5 im Gegensatz zur DIN 1052 zwei Einflüsse auf die Größe der Querkzugfestigkeit. Zum einen ist es die Abhängigkeit der Querkzugfestigkeit von dem durch Querkzug beanspruchten Volumen (vgl. auch Ehlbeck, Kürth (1990 und 1992)), die durch folgenden Faktor, der auch mit k_{vol} bezeichnet wird, erfaßt wird:

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} \quad (1)$$

mit: V_0 Bezugsvolumen von $0,01 \text{ m}^3$
 V durch Querkzugspannungen beanspruchtes Volumen ($V \leq 2/3 V_b$)
 V_b Gesamtvolumen des Trägers

Als Vereinfachung wird für V in EC 5 das Volumen des gekrümmten Bereiches oder des Firstbereiches angesetzt.

Zum anderen wird der Einfluß der Art der Querkzugspannungsverteilung auf die Querkzugfestigkeit durch einen Beiwert k_{dis} berücksichtigt, der als abgeschätzter Rechenwert für die verschiedenen Trägerformen in EC 5 angegeben ist.

Ein Vergleich der beiden Berechnungsverfahren und Nachweisschemata ist in Tabelle 1 dargestellt, wobei bewußt nicht näher auf die verschiedenen Bemessungsphilosophien der beiden Regelwerke eingegangen wird.

Aus diesen Unterschieden bei der Bemessung ergeben sich rechnerisch nach EC 5 vor allem für weit gespannte Satteldachträger wesentlich geringere Tragfähigkeiten als nach DIN 1052.

Ziel dieser Untersuchung war deshalb, für den häufig verwendeten Satteldachträger unter Streckenbelastung die Querkzugspannungsverteilungen mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente zu berechnen und mit den Annahmen nach EC 5 zu vergleichen.

Tabelle 1 Vergleich der Berechnungsverfahren und Nachweisschemata (Bezeichnungen nach Bild 1)

EUROCODE 5	DIN 1052
Vorwerte	
$k_l = k_1 + k_2 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_3 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^3$	$K_l = A_l + B_l \cdot \left(\frac{h_m}{r_m} \right) + C_l \cdot \left(\frac{h_m}{r_m} \right)^2 + D_l \cdot \left(\frac{h_m}{r_m} \right)^3$
$k_p = k_5 + k_6 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2$	$K_q = A_q + B_q \cdot \left(\frac{h_m}{r_m} \right) + C_q \cdot \left(\frac{h_m}{r_m} \right)^2$
Die Werte k_i nach EC 5 entsprechen den Werten A_i, B_i, C_i, D_i und A_q, B_q, C_q nach DIN 1052	

Berechnung der max. Biegespannung im First mit $M_{ap} = M$ = Biegemoment im Firstquerschnitt	
$\sigma_{m,d} = k_1 \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2}$	$\max \sigma_{\parallel} = \kappa_1 \frac{6M}{bh_m^2}$
Berechnung der max. Querkzugspannung im First	
$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6M_{ap,d}}{bh_{ap}^2}$	$\max \sigma_{\perp} = \kappa_q \frac{6M}{bh_m^2}$
Bemessung	
Biegung: $\sigma_{m,d} \leq k_r f_{m,d}$ k_r : Faktor zur Berücksichtigung der Festigkeitsabnahme durch Biegen der Lamellen	$\max \sigma_{\parallel} \leq \text{zul} \sigma_B$
Querkzug: $\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} f_{t,90,d}$	$\max \sigma_{\perp} \leq \text{zul} \sigma_{Z\perp}$
$f_{m,d}$ Bemessungswert der Biegefestigkeit $f_{t,90,d}$ Bemessungswert der Querkzugfestigkeit	$\text{zul} \sigma_B$ zul. Biegespannung $\text{zul} \sigma_{Z\perp}$ zul. Querkzugspannung
Beiwerte nach EUROCODE 5	
Satteldachträger mit geradem Untergurt:	
$k_{dis} = 1,4$	$V = bh_{ap}^2 \left(1 - \frac{\tan \alpha}{4} \right)$
Satteldachträger mit gekrümmtem Untergurt:	
$k_{dis} = 1,7$	$V = b \left((r_{in} + h_{ap})^2 \frac{\sin \beta \cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} - r_{in}^2 \frac{\pi \beta}{180} \right)$

2 Untersuchte Satteldachträger

Um die Anzahl der Berechnungen einzuschränken, wurde für die Satteldachträger eine einheitliche Spannweite $L = 20 \text{ m}$ und eine Trägerbreite $b = 10 \text{ cm}$ gewählt. Alle anderen Daten zur Beschreibung der Geometrie, die Neigungswinkel α des Obergurtes und β des Untergurtes, die Auflagerhöhe h_a sowie die relative Länge des Krümmungsbereiches c wurden in sinnvollen Grenzen variiert (siehe Bild 1 und Tabelle 2). Insgesamt wurden 180 Trägergeometrien ausgewählt und rechnerisch untersucht.

Tabelle 2 Trägerabmessungen

	Träger Nr.	Neigung		c
		α	β	
		[Grad]	[Grad]	
für alle Träger gilt: $L = 20\text{ m}$ $b = 10\text{ cm}$ $h_a =$ 50 cm 100 cm 133 cm 200 cm	1-4	5	0	0
	5-16	5	5	0,125/ 0,5/ 0,98
	17-20	10	0	0
	21-32	10	5	0,125/ 0,5/ 0,98
	33-44	10	10	0,125/ 0,5/ 0,98
	45-48	15	0	0
	49-60	15	5	0,125/ 0,5/ 0,98
	61-72	15	10	0,125/ 0,5/ 0,98
	73-84	15	15	0,125/ 0,5/ 0,98
	85-96	20	5	0,125/ 0,5/ 0,98
	97-108	20	10	0,125/ 0,5/ 0,98
	109-120	20	15	0,125/ 0,5/ 0,98
	121-132	20	20	0,125/ 0,5/ 0,98
	133-144	25	10	0,125/ 0,5/ 0,98
	145-156	25	15	0,125/ 0,5/ 0,98
	157-168	25	20	0,125/ 0,5/ 0,98
	169-180	25	25	0,125/ 0,5/ 0,98

Träger Nr. 4 und 26 wurden nur teilweise berechnet.

3 Berechnung der Spannungen

Für die in Tabelle 2 zusammengestellten Trägerformen wurden die Spannungen mit Hilfe eines Finite Elemente Programmes für den Lastfall einer Streckenlast berechnet. Dazu wurden folgende Materialkennwerte angenommen:

$$\begin{aligned}
 E_0 &= 11000\text{ N/mm}^2 \\
 E_{90} &= 300\text{ N/mm}^2 \\
 G &= 500\text{ N/mm}^2 \\
 \mu &= 0,04
 \end{aligned}$$

Aus den Ergebnissen wurden die maximalen Biegelängsspannungen σ_m , die maximalen Querkzugspannungen $\sigma_{t,90}$, die durch Querkzug beanspruchten Volumina V und die Beiwerte k_{dis} ermittelt und mit den sich nach EC 5 ergebenden Näherungswerten verglichen.

4 Vergleich der Ergebnisse

4.0 Allgemeines

In den Diagrammen der folgenden Abschnitte ist auf der Ordinatenachse stets der Quotient der Ergebnisse nach der FE-Berechnung zu den Rechenwerten nach EC 5 angegeben.

Die Abszisse stellt entweder die Trägernummer, den Krümmungsradius der innersten Lamelle r_{in} oder das Krümmungsverhältnis h_m/r_m dar. Damit werden die Ergebnisse für einzelne Träger oder Trägergruppen sichtbar oder es können Tendenzen in Abhängigkeit von der Geometrie verfolgt werden.

Bei der Darstellung mit Trägernummern werden Träger, die sich bei den Trägerabmessungen nach Tabelle 2 nur durch die Auflagerhöhe h_a unterscheiden, durch eine dünne Linie verbunden. Mit steigender Trägernummer betragen die Auflagerhöhen 50, 100, 133 und 200 cm.

4.1 $\sigma_{t,90}$ bzw. k_p

In den Bildern 2 bis 4 sind die Quotienten der maximalen Querkzugspannungen im Firstquerschnitt aus der FE Berechnung zu den Näherungen nach EC 5 dargestellt.

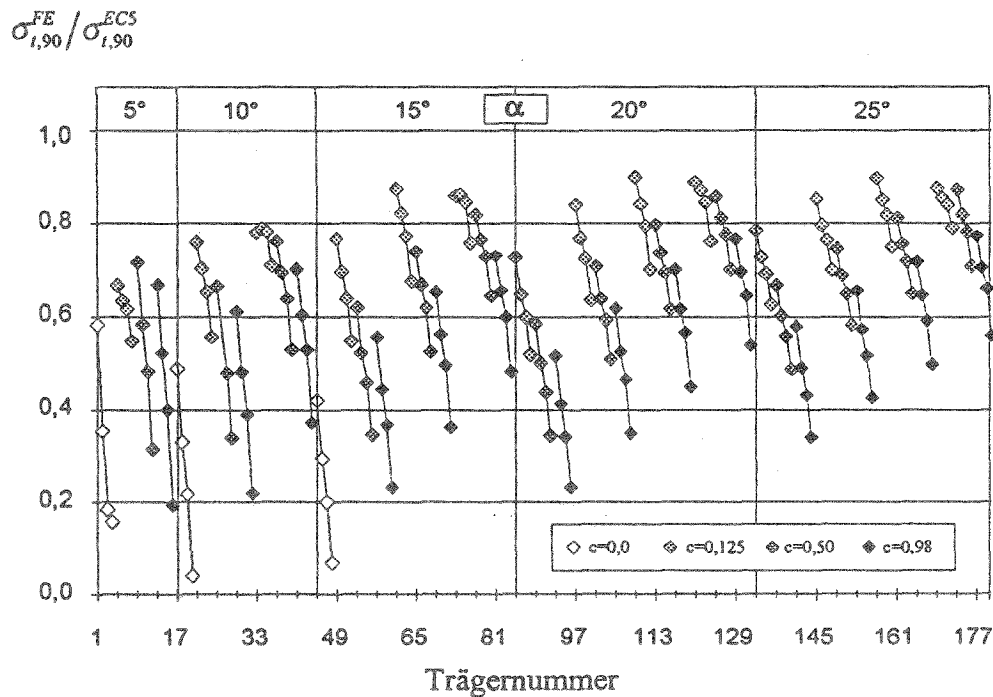


Bild 2 Quotienten der maximalen Querkzugspannungen nach FE-Berechnung und nach EC 5 aufgetragen über die Trägernummern

Alle Quotienten sind kleiner als 1,0, d.h. die Berechnung nach EC 5 ergibt zu große Querkzugspannungen. In Bild 2 erkennt man, daß die Quotienten mit

steigender Obergurtneigung ($\alpha = 5^\circ$ bei Trägernr. 1-16; $\alpha = 10^\circ$ bei Trägernr. 17-44; u.s.w. vgl. Tabelle 2) zunehmen und sich für große Neigungen dem Wert 1,0 annähern.

Innerhalb einer Trägergruppe mit gleicher Obergurtneigung (z.B. für $\alpha = 20^\circ$ bei Trägernr. 85-132) ist mit steigender Untergurtneigung ($\beta = 5^\circ$ bei Trägernr. 85-96; $\beta = 10^\circ$ bei Trägernr. 97-108; u.s.w.) auch ein Anwachsen der Quotienten festzustellen. Werden Träger miteinander verglichen, bei denen sich die Ober- und Untergurtneigungen nicht ändern (z.B. Trägernr. 97-108), so werden die Quotienten mit größer werdendem relativen Krümmungsbereich c und mit steigender Auflagerhöhe h_a kleiner.

Daraus folgt, daß die Abweichungen der Querspannungen nach EC 5 von den Spannungen aus der FE-Berechnung für stark gekrümmte Träger mit parallelen Gurten, kleinem Krümmungsbereich und geringer Trägerhöhe am geringsten sind.

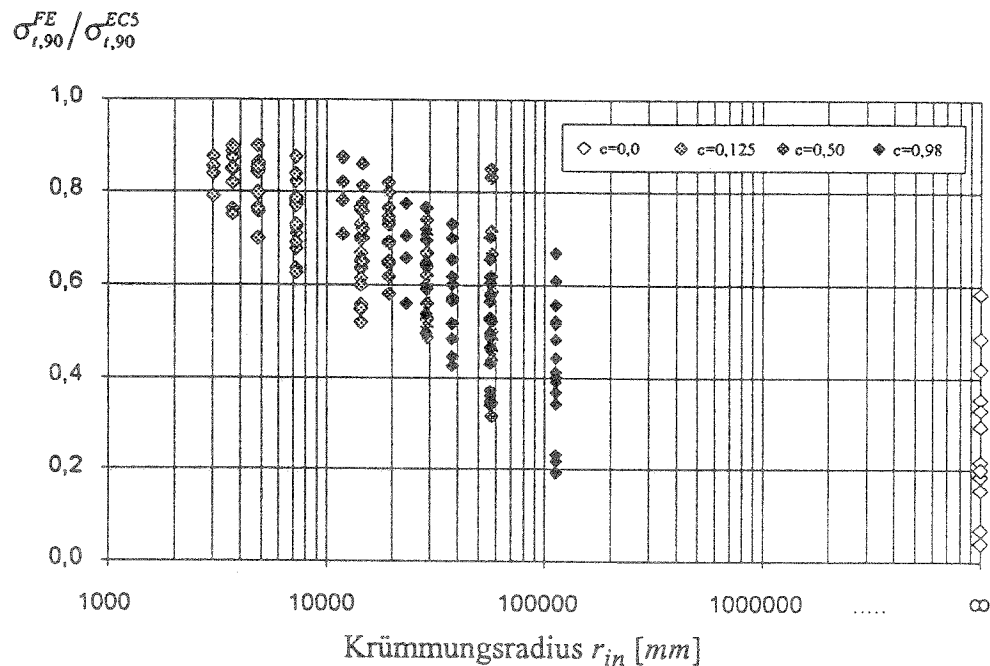


Bild 3 Quotienten der maximalen Querspannungen nach FE-Berechnung und nach EC 5 in Abhängigkeit von den Krümmungsradien

Das Bild 3 zeigt die Quotienten der Querspannungen im Verhältnis zum Krümmungsradius der innersten Lamelle r_{in} . Für die Abszisse wurde ein logarithmischer Maßstab gewählt. Der Quotient der Spannungen nimmt nahezu linear mit zunehmendem Krümmungsradius ab, d.h. je größer der Krümmungsbereich, um so ungünstiger sind die Spannungsberechnungen nach EC 5. Durchweg ungünstig erscheint die Rechnung nach EC 5 bei Trägern mit geradem Untergurt ($c = 0,0$, d.h. $r_{in} = \infty$).

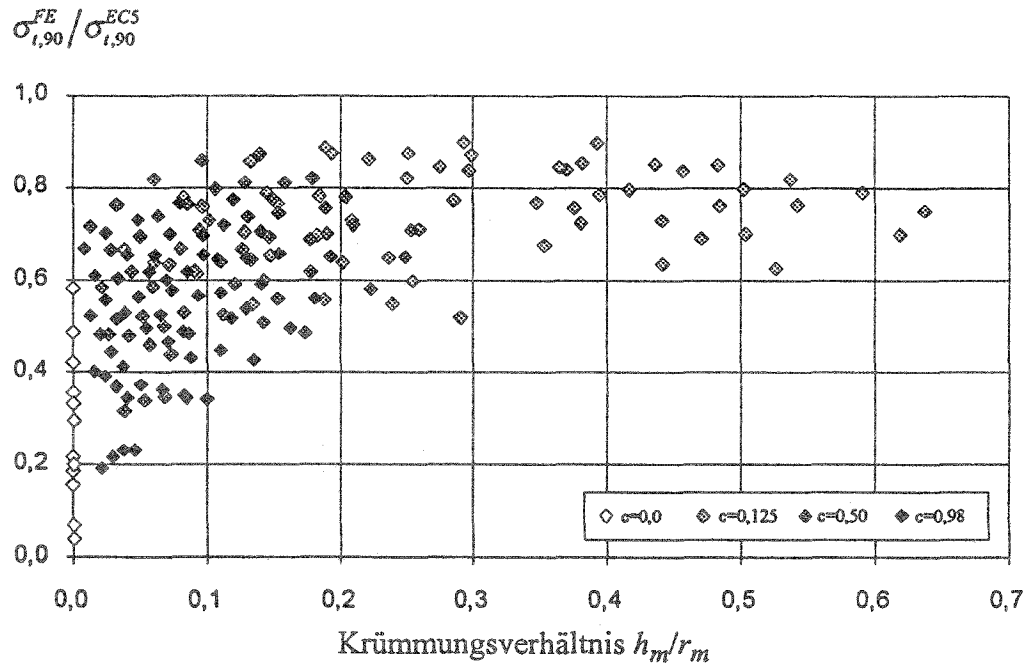


Bild 4 Quotienten der maximalen Querkzugspannungen nach FE-Berechnung und nach EC 5 in Abhängigkeit von den Krümmungsverhältnissen

Das Bild 4 zeigt die Quotienten in Abhängigkeit vom Krümmungsverhältnis h_m/r_m . Hier ist besonders deutlich zu sehen, daß der Quotient der Querkzugspannungen am größten bei Trägern mit kleinem gekrümmten Bereich ist und für diese Träger die Abweichungen nach den Berechnungen nach EC 5 am geringsten sind.

Da sich die Querkzugspannungen nach EC 5 aus den Biegespannungen eines geraden Trägers durch Multiplikation mit einem Beiwert k_p ergeben, folgen aus den Quotienten der Querkzugspannungen auch unmittelbar die Quotienten der Beiwerte:

$$\frac{\sigma_{t,90}^{FE}}{\sigma_{t,90}^{ECS}} = \frac{M/W \cdot k_p^{FE}}{M/W \cdot k_p^{ECS}} = \frac{k_p^{FE}}{k_p^{ECS}} \quad (2)$$

k_p^{FE} ist dabei ein Faktor, mit dem die rechnerische Biegespannung M/W zu multiplizieren ist, um die nach FE-Berechnung ermittelte größte Querkzugspannung $\sigma_{t,90}^{FE}$ zu erhalten.

4.2 σ_m bzw. k_l

Neben den maximalen Querkzugspannungen wurden auch die maximalen Längsspannungen im Firstquerschnitt ausgewertet. Die Bilder 5 und 6 zeigen die Quotienten der maximalen Längsspannungen aus den FE-Berechnungen zu den Näherungen nach EC 5. Auch hier entsprechen die Quotienten der Spannungen den Quotienten der Beiwerte k_l .

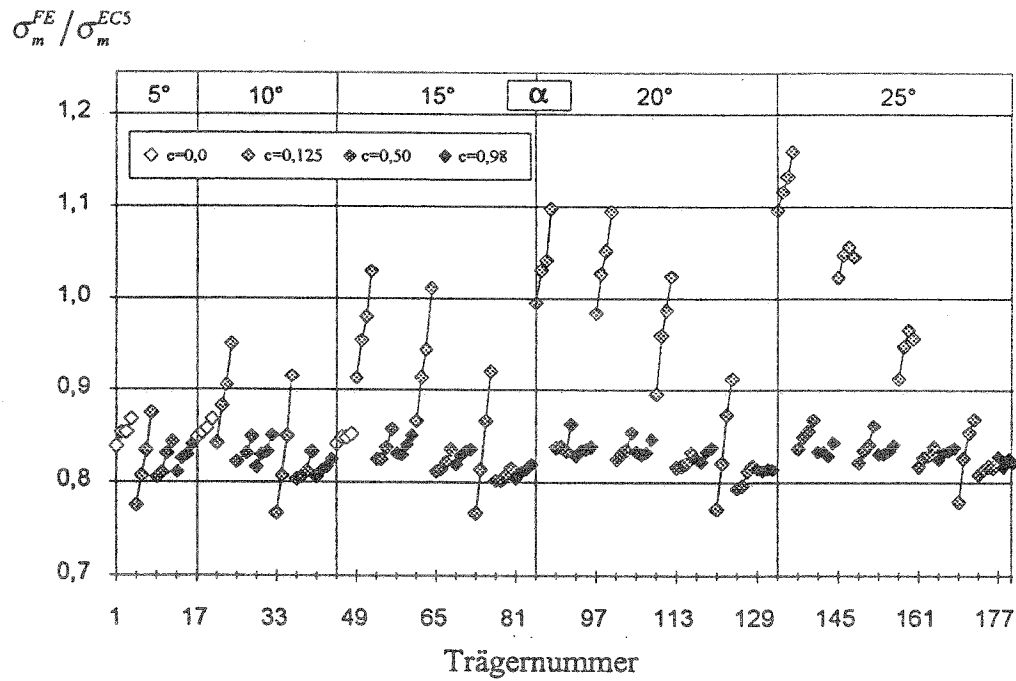


Bild 5 Quotienten aus den Längsspannungen nach FE-Berechnung und nach EC 5 aufgetragen über die Trägernummern

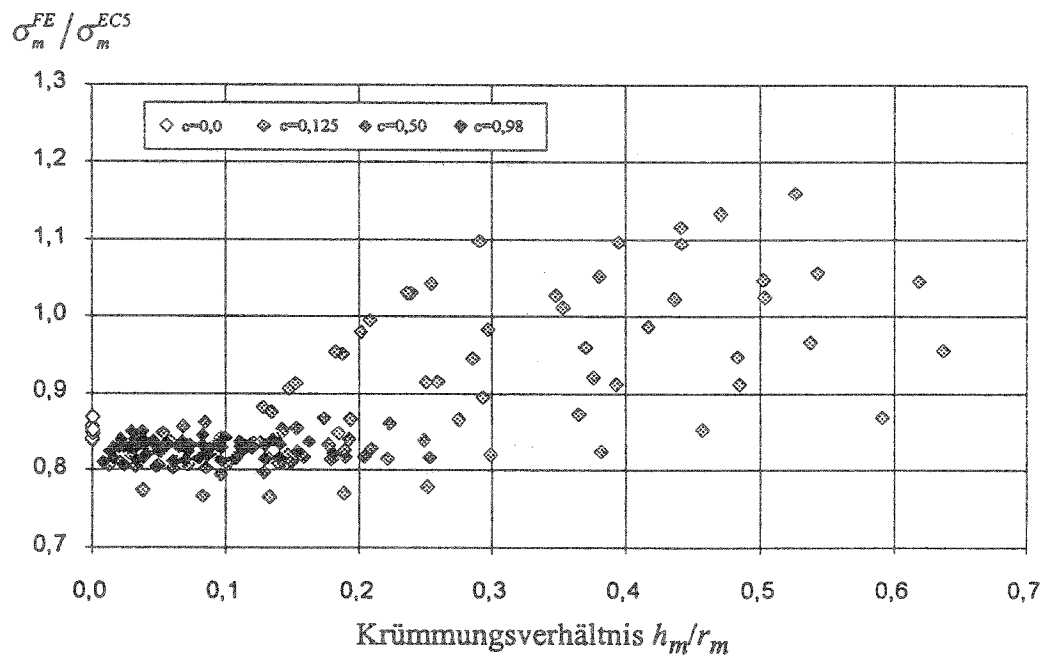


Bild 6 Quotienten der maximalen Längsspannungen nach FE-Berechnung und nach EC 5 in Abhängigkeit von den Krümmungsverhältnissen

Die meisten Werte liegen zwischen 0,8 und 0,9. Bei Trägern mit einem kleinen relativen Krümmungsbereich von $c = 0,125$ liegen die Werte vor allem bei großen Obergurtneigungen über 1,0, d.h. die rechnerischen Längsspannungen nach EC 5 sind kleiner als diejenigen nach der FE-Berechnung.

4.3 k_{vol} und k_{dis}

Aus der Querkzugspannungsverteilung der FE-Berechnung wurde das tatsächlich durch Querkzugspannungen beanspruchte Volumen V^{FE} für jeden Träger ermittelt, indem die Volumina V_i aller Elemente mit einer Querkzugspannung aufsummiert wurden. Daraus konnte der Beiwert k_{vol} bestimmt werden.

Die Beiwerte k_{vol} nach EC 5 wurden mit den Näherungen für das querkzugbeanspruchte Volumen V^{EC5} nach Tabelle 1 berechnet.

Der Quotient der Beiwerte k_{vol} drückt das Verhältnis der berechneten Volumina aus, denn es gilt:

$$\frac{k_{vol}^{FE}}{k_{vol}^{EC5}} = \frac{\left(\frac{V_0}{V^{FE}}\right)^{0,2}}{\left(\frac{V_0}{V^{EC5}}\right)^{0,2}} = \left(\frac{V^{EC5}}{V^{FE}}\right)^{0,2} \quad (3)$$

Die Ergebnisse sind in Bild 7 dargestellt.

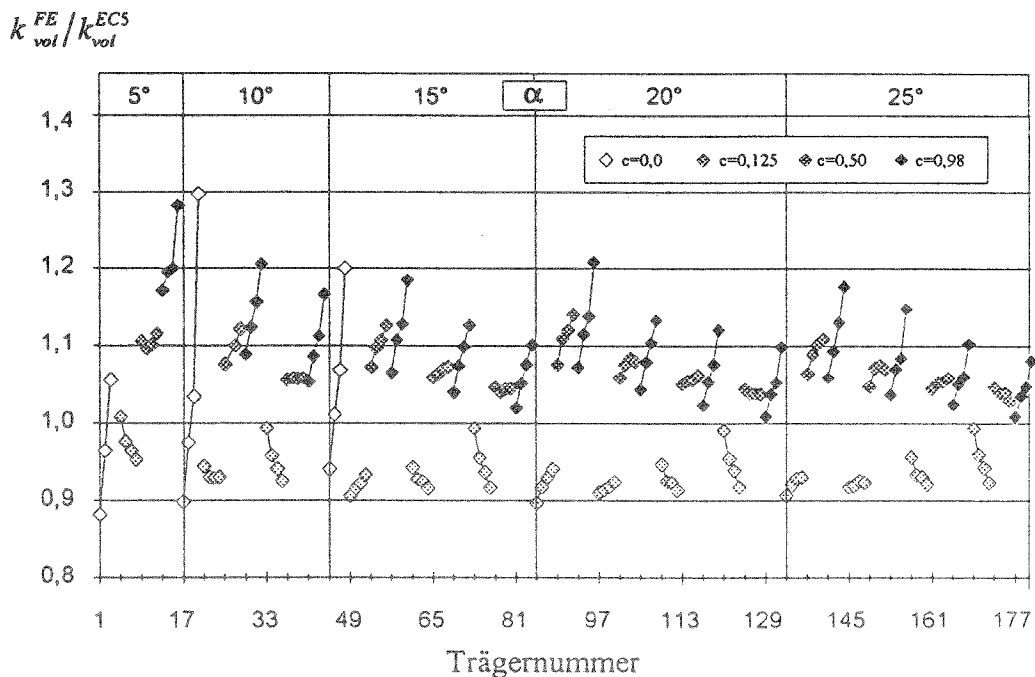


Bild 7 Quotienten der Beiwerte k_{vol} nach FE-Berechnung und nach EC 5 aufgetragen über die Trägernummern

Für die Träger mit kleinem gekrümmten Bereich ($c = 0,125$) schätzt der EC 5 die Volumina fast richtig ab. Für die anderen Träger sind Abweichungen der Quotienten bis zu 30 % festzustellen. Die größten Abweichungen sind bei Trägern mit großem gekrümmten Bereich ($c = 0,98$) zu beobachten. Bei allen Trägern mit $c \geq 0,5$ führt die Abschätzung nach EC 5 zu größeren querkzugbeanspruchten Volumina als tatsächlich vorhanden, obwohl das querkzugbeanspruchte Volumen nach EC 5 rechnerisch schon auf maximal $2/3$ des gesamten Trägervolumens V_b begrenzt wird.

Die Beiwerte k_{dis} wurden nach COLLING (1986) aus den Spannungsverteilungen und den querzugbeanspruchten Volumina der FE-Berechnungen bestimmt.

Im EC 5 sind für diese berechneten Träger konstante Werte angegeben, die im Fall eines Satteldachträgers mit geradem Untergurt 1,4 und für den Fall des Satteldachträgers mit gekrümmtem Untergurt 1,7 betragen.

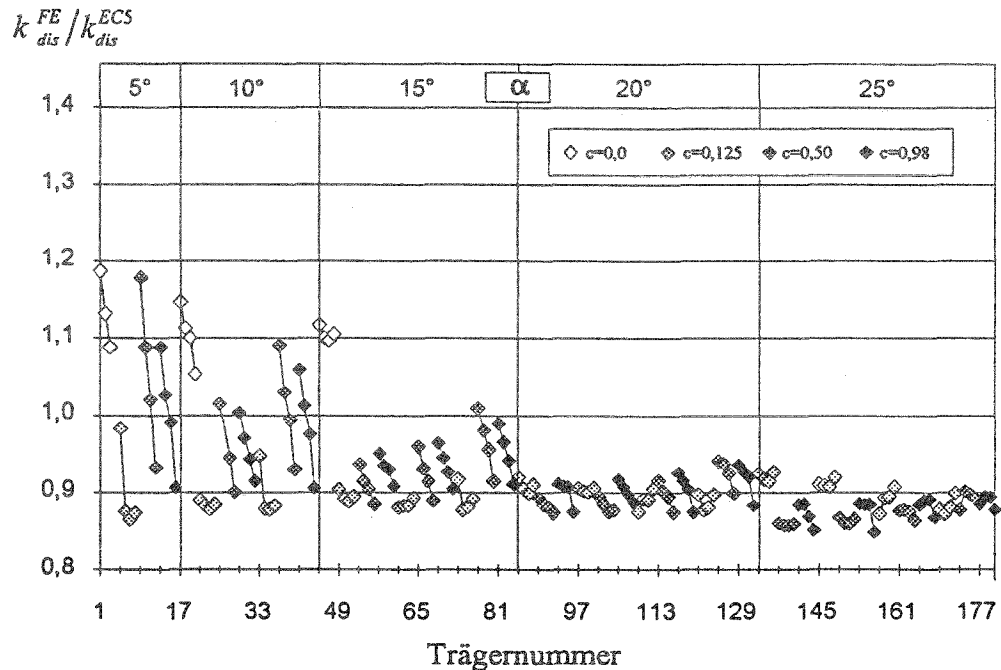


Bild 8 Quotienten der Beiwerte k_{dis} nach FE-Berechnung und nach EC 5 aufgetragen über die Trägernummern

In **Bild 8** sind die Quotienten der Beiwerte k_{dis} dargestellt. Große Abweichungen sind vor allem bei Trägern mit geradem Untergurt und bei Trägern mit kleiner Obergurtneigung bis 10° festzustellen. Die Quotienten für die anderen Träger liegen zwischen 0,85 und 1,0, d.h. in EC 5 wird der Beiwert k_{dis} für diese Träger etwas zu groß angegeben.

Das Produkt von k_{vol} und k_{dis} muß nach Tabelle 1 bei der Berechnung der Bemessungsfestigkeit bei Querzug berücksichtigt werden. Daher werden die Quotienten dieser Produkte aus den FE-Berechnungen und nach EC 5 in den **Bildern 9 und 10** dargestellt. Für die Träger mit $c = 0,125$ ergibt sich nach EC 5 durchweg eine zu große Abschätzung. Bei den anderen Trägern mit Obergurtneigungen bis zu 15° ist die Abschätzung nach EC 5 hingegen zu klein, während bei Obergurtneigungen über 15° die Verfahren nach EC 5 die Verhältnisse fast richtig erfassen, da die Werte der Quotienten in diesen Fällen zwischen 0,9 und 1,0 liegen.

$$k_{vol}^{FE} \cdot k_{dis}^{FE} / k_{vol}^{EC5} \cdot k_{dis}^{EC5}$$

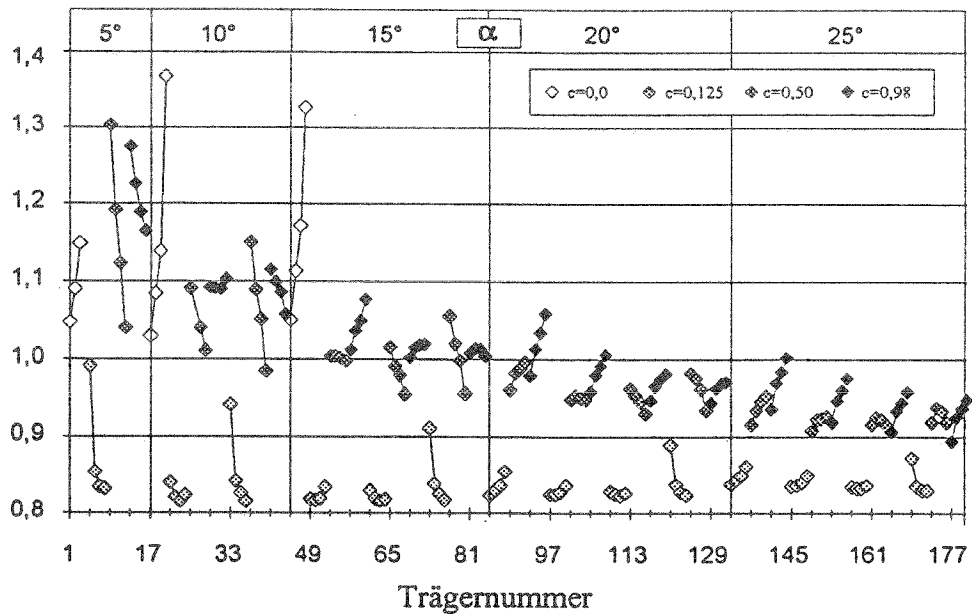


Bild 9 Quotienten aus den Produkten der Beiwerte $k_{vol} \cdot k_{dis}$ nach FE-Berechnung und nach EC 5 aufgetragen über die Trägernummern

$$k_{vol}^{FE} \cdot k_{dis}^{FE} / k_{vol}^{EC5} \cdot k_{dis}^{EC5}$$

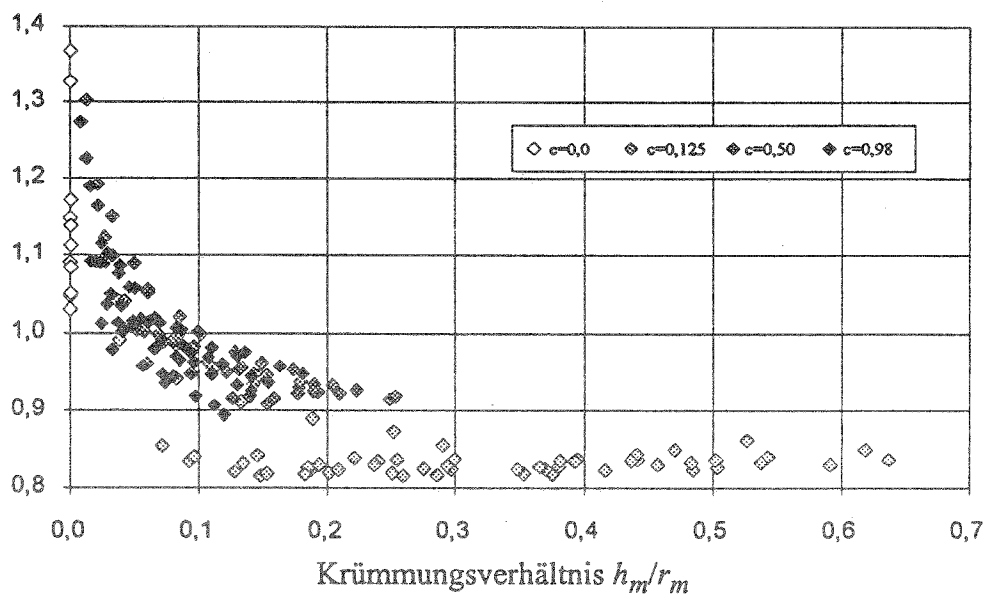


Bild 10 Quotienten aus den Produkten der Beiwerte $k_{vol} \cdot k_{dis}$ nach FE-Berechnung und nach EC 5 in Abhängigkeit von den Krümmungsverhältnissen

In der Darstellung des Bildes 10 ist die Abnahme der Quotienten bei steigenden Krümmungsverhältnissen h_m/r_m zu erkennen. Bei Krümmungsverhältnissen $h_m/r_m > 0,1$ liegen danach alle Rechnungen nach EC 5 auf der „sicheren Seite“, im Falle $c = 0,125$ sogar recht deutlich.

4.4 Bemessung

In die Bemessung gehen sowohl die Bemessungswerte der Querkzugspannungen $\sigma_{t,90,d}$ als auch die Beiwerte k_{vol} und k_{dis} nach folgender Gleichung ein:

$$\sigma_{t,90,d} \leq \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} \cdot k_{dis} \cdot f_{t,90,d} = k_{vol} \cdot k_{dis} \cdot f_{t,90,d} \quad (4)$$

Für eine Gesamtbewertung der Unterschiede zwischen den FE-Berechnungen und den Anwendungsregeln nach EC 5 können alle Einflußgrößen mit dem folgenden Quotienten, der sich über Gl.(4) ergibt, berücksichtigt werden:

$$\frac{\sigma_{t,90}^{FE}}{k_{vol}^{FE} \cdot k_{dis}^{FE}} \bigg/ \frac{\sigma_{t,90}^{ECS}}{k_{vol}^{ECS} \cdot k_{dis}^{ECS}} \quad (5)$$

$$\sigma_{t,90}^{FE} / k_{vol}^{FE} \cdot k_{dis}^{FE} \quad / \quad \sigma_{t,90}^{ECS} / k_{vol}^{ECS} \cdot k_{dis}^{ECS}$$

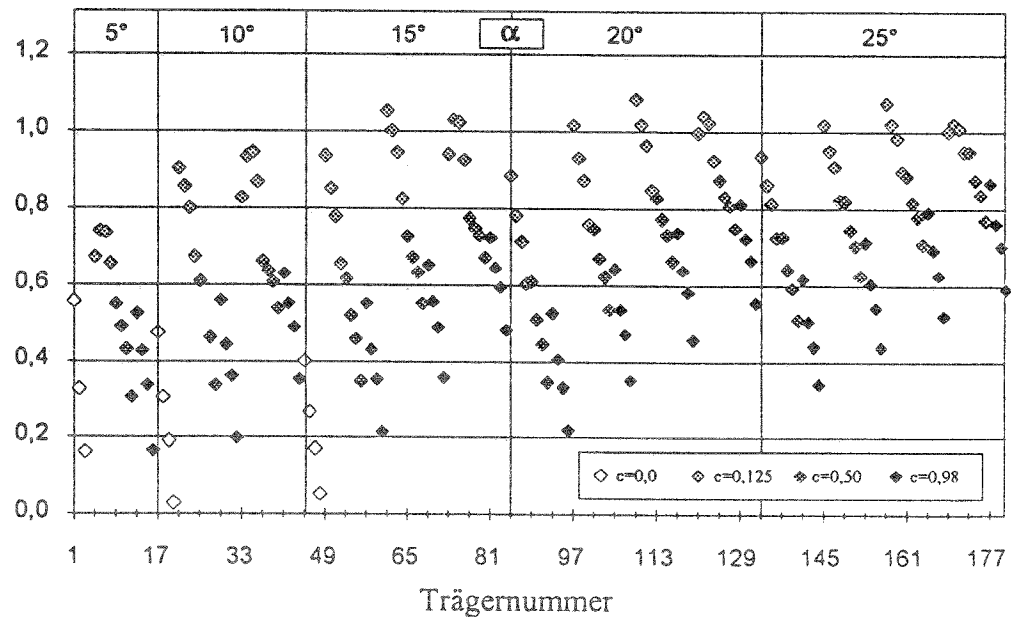


Bild 11 Quotienten aus den Querkzugspannungen und den Beiwerten $k_{vol} \cdot k_{dis}$ nach FE-Berechnung und nach EC 5 aufgetragen über die Trägernummern

In Bild 11 sind diese Quotienten über die Trägernummern dargestellt. Nur wenige Träger mit kleinen gekrümmten Bereichen ($c = 0,125$) werden nach EC 5 zu günstig abgeschätzt. Alle anderen Träger schätzt das Rechenverfahren nach EC 5 z.T. weit auf der „sicheren Seite“ liegend ab. Dies ist ganz besonders darauf zurückzuführen, daß für die Berechnungen vom ungünstigsten Lastfall, nämlich einem konstanten Moment über den gesamten gekrümmten Bereich, ausgegangen wird.

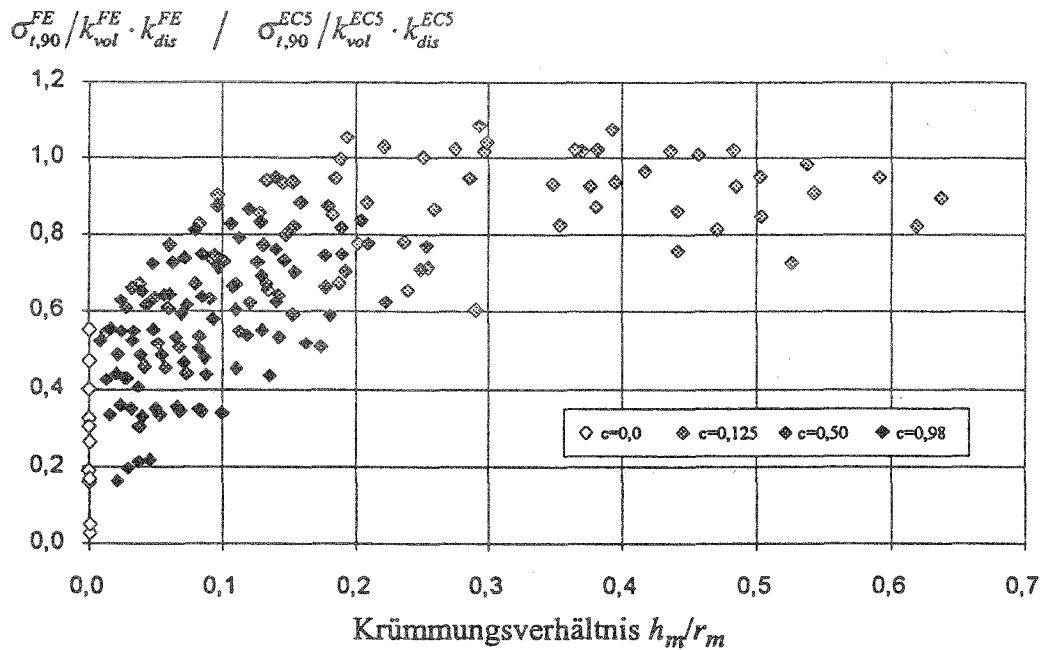


Bild 12 Quotienten aus den Querkzugspannungen und den Beiwerten $k_{vol} \cdot k_{dis}$ nach FE-Berechnung und nach EC 5 aufgetragen in Abhängigkeit von den Krümmungsverhältnissen

In Bild 12 sind die Quotienten in Abhängigkeit vom Krümmungsverhältnis h_m/r_m aufgetragen. Es zeigt sich, daß das Verfahren nach EC 5 vor allem Träger mit kleinen Krümmungsverhältnissen $h_m/r_m < 0,2$ und großem gekrümmten Bereich $c \geq 0,5$ benachteiligt.

Wenn also der Krümmungsradius eines solchen Trägers mindestens dem 5-fachen der Trägerhöhe im Firstquerschnitt entspricht und der gekrümmte Bereich mehr als die halbe Trägerstützweite ausmacht, sollte man das Rechenverfahren nach dem EC 5 überdenken und günstigere Rechenwerte für k_{dis} entwickeln, wenn man die einfach zu handhabende Rechenmethode mit den vorgegebenen Werten für das „querzugbeanspruchte“ Volumen beibehalten will.

Auch bei Trägern mit geradem Untergurt ($r_m = \infty$) müßte bei weiteren Analysen ein mindestens um 50 % erhöhter Wert für k_{dis} möglich sein, da die Lasten auf dem Obergurt die Querkzugspannungen offenbar weitestgehend überdrücken.

5 Zusammenfassung

Für eine große Anzahl von Satteldachträgern mit geradem und gekrümmtem Untergurt und Obergurtneigungen bis zu 25° wurden die Spannungsverteilungen über die Trägerlänge und die Trägerhöhe für den Lastfall einer konstanten Streckenlast auf den Obergurt mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente berechnet. Aus den Ergebnissen wurden die maximalen Querkzug- und Längsspannungen im Firstquerschnitt sowie die Beiwerte k_{vol} und k_{dis} berechnet.

Ein Vergleich mit den Näherungen nach DIN V ENV 1995, Teil 1-1 (EC 5) zeigt, daß die Querkzugspannungen nach der FE-Methode stets kleiner als die Rechenwerte nach EC 5 sind. Bei den Beiwerten k_{vol} und k_{dis} lagen je nach Trägergeometrie die Werte nach EC 5 über oder auch unter den Werten der FE-Berechnungen.

Da bei der Querkzugbemessung alle drei Werte, also die Querkzugspannungen und die beiden Beiwerte, berücksichtigt werden müssen, wurden abschließend die Unterschiede zwischen EC 5 und der FE-Berechnung bei der Bemessung untersucht. Hierbei zeigte sich, daß diese Trägerformen unter Streckenlast nach EC 5 in der Regel überbemessen werden.

Dies ist dadurch zu erklären, daß die Anwendungsregeln des EC 5 von theoretischen Untersuchungen an gekrümmten Trägern oder Trägerbereichen unter konstanter Momentenbeanspruchung ausgehen, so daß günstige Effekte durch unmittelbar auf den oberen Trägerrand einwirkende Lasten vernachlässigt werden. Die Größe der nicht genutzten Reserven ist sehr wesentlich von der Trägergeometrie abhängig.

Bei den hier vorgestellten Berechnungen sollte im Gegensatz dazu aber auch bedacht werden, daß von idealen Trägern mit konstanten Materialeigenschaften über den ganzen Träger ausgegangen wurde und daß die Lasten als gleichmäßig verteilt theoretisch betrachtet wurden. Dies ist zwar in der Praxis der Tragfähigkeitsnachweise im konstruktiven Ingenieurbau das übliche Vorgehen, aber in der Realität muß man damit rechnen, daß sich örtliche Spannungen einstellen können, die etwas größer als diejenigen nach den durchgeführten FE-Berechnungen sind.

Bei den größten Biegespannungen (Längsspannungen) im Firstquerschnitt haben sich ebenfalls Unterschiede zwischen der FE-Berechnung und dem Rechenverfahren des EC 5 ergeben. Meist bleiben diese Spannungen geringer als sich rechnerisch nach EC 5 ergibt. Nur bei kleinen Krümmungsbereichen ($c = 0,125$) und großen Obergurtneigungen ($\alpha > 20^\circ$) sind die Längsspannungen am inneren Rand noch größer zu erwarten als sich rechnerisch nach EC 5 ergibt. Insofern scheint die Begrenzung der Gleichungen zur Bestimmung des Wertes k_t auf Träger mit $\alpha \leq 20^\circ$ - wie in DIN 1052-1 ausdrücklich festgelegt - empfehlenswert.

6 Literatur

BLUMER, H. (1972/1979)

Spannungsberechnungen an anisotropen Kreisbogenscheiben und Satteldachträgern konstanter Dicke. Veröffentlichung des Lehrstuhls für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen, Universität (TH) Karlsruhe

COLLING, F. (1986)

Influence of volume and stress distribution on the shear-strength and tensile-strength perpendicular to grain. In: Proc. of meeting CIB-W18A-Timber structures, Paper 19-12-3, Florence, Italy

EHLBECK, J.; KÜRTH, J. (1990)

Einfluß des querzugbeanspruchten Volumens auf die Tragfähigkeit gekrümmter Träger konstanter Höhe und gekrümmter Satteldachträger aus Brettschichtholz. Karlsruhe: Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Abteilung Ingenieurholzbau, Universität Karlsruhe (TH). - Forschungsbericht

EHLBECK, J.; KÜRTH, J. (1992)

Einfluß des querzugbeanspruchten Volumens auf die Tragfähigkeit gekrümmter Träger und Satteldachträger aus Brettschichtholz. In: Holz als Roh- und Werkstoff, 50: 33-40

EUROCODE 5 (1994)

siehe DINV ENV 1995, Teil 1-1

Zitierte Normen und Vornormen:

Norm DINV ENV 1995 Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau (Ausgabe Juni 1994)

Norm DIN 1052-1 Holzbauwerke, Teil 1: Berechnung und Ausführung (Ausgabe April 1988)

Anhang

In den **Anlagen 1 bis 5** sind die geometrischen Daten der Träger sowie die Ergebnisse der FE-Berechnung dargestellt. Für alle Träger gilt:

$$L = 20 \text{ m}$$

$$b = 10 \text{ cm}$$

$$q = 10 \text{ kN/m} \quad \text{als Streckenlast auf den Obergurt.}$$

In den **Anlagen 6 bis 10** sind die Ergebnisse der Berechnungen nach EC 5 sowie die Ergebnisse des Vergleiches der FE-Berechnung mit EC 5 dargestellt. Für diese Tabellen gilt:

V_b : Gesamtvolumen eines Trägers

$$V_{red} = \begin{cases} V & \text{falls } V \leq \frac{2}{3}V_b \\ \frac{2}{3}V_b & \text{sonst} \end{cases}$$

$$k_{vol} = \left(\frac{0,01}{V_{red}} \right)^{0,2}$$

Zum besseren Verständnis sind in den **Anlagen 11 bis 18** die berechneten Trägerformen dargestellt. Die Bezeichnungen entsprechen den Tabellen der Anlagen 1 bis 10. Neben den Obergurtneigungen α , den Untergurtneigungen β und den relativen Krümmungslängen c sind auch die Auflagerhöhen $h = h_d / \cos\beta$ und die Firshöhen h_m angegeben.

Geometrische Trägerdaten

Nr.	Träger	alpha	beta	c	Rin	ha	hm	Rm	hm/Rm
		[°]	[°]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
1	K050011	5	0	0	9999999	500	1375	10000687	0,00
2	K050012	5	0	0	9999999	1000	1875	10000937	0,00
3	K050013	5	0	0	9999999	1330	2205	10001102	0,00
4	K050014	5	0	0	9999999	2000	2875	10001437	0,00
5	K050511	5	5	0,125	14340	500	557	14619	0,04
6	K050512	5	5	0,125	14340	1000	1059	14870	0,07
7	K050513	5	5	0,125	14340	1330	1390	15035	0,09
8	K050514	5	5	0,125	14340	2000	2062	15371	0,13
9	K050521	5	5	0,5	57370	500	721	57731	0,01
10	K050522	5	5	0,5	57370	1000	1223	57982	0,02
11	K050523	5	5	0,5	57370	1330	1554	58147	0,03
12	K050524	5	5	0,5	57370	2000	2227	58484	0,04
13	K050531	5	5	0,98	112440	500	932	112906	0,01
14	K050532	5	5	0,98	112440	1000	1434	113157	0,01
15	K050533	5	5	0,98	112440	1330	1765	113323	0,02
16	K050534	5	5	0,98	112440	2000	2437	113659	0,02
17	K100011	10	0	0	9999999	500	2263	10001131	0,00
18	K100012	10	0	0	9999999	1000	2763	10001381	0,00
19	K100013	10	0	0	9999999	1330	3093	10001546	0,00
20	K100014	10	0	0	9999999	2000	3763	10001881	0,00
21	K100511	10	5	0,125	14340	500	1448	15064	0,10
22	K100512	10	5	0,125	14340	1000	1954	15317	0,13
23	K100513	10	5	0,125	14340	1330	2288	15484	0,15
24	K100514	10	5	0,125	14340	2000	2966	15823	0,19
25	K100521	10	5	0,5	57370	500	1613	58177	0,03
26	K100522	10	5	0,5	57370	1000	2120	58430	0,04
27	K100523	10	5	0,5	57370	1330	2452	58596	0,04
28	K100524	10	5	0,5	57370	2000	3130	58935	0,05
29	K100531	10	5	0,98	112440	500	1824	113352	0,02
30	K100532	10	5	0,98	112440	1000	2330	113605	0,02
31	K100533	10	5	0,98	112440	1330	2664	113772	0,02
32	K100534	10	5	0,98	112440	2000	3342	114111	0,03
33	K101011	10	10	0,125	7200	500	619	7510	0,08
34	K101012	10	10	0,125	7200	1000	1126	7763	0,15
35	K101013	10	10	0,125	7200	1330	1462	7931	0,18
36	K101014	10	10	0,125	7200	2000	2142	8271	0,26

FE-Berechnung

sig t,90	sig m	V	kvoll	kdts
[N/mm²]	[N/mm²]	[m³]	[-]	[-]
0,16	15,50	0,35	0,49	1,66
0,05	8,48	0,41	0,48	1,58
0,02	6,13	0,36	0,49	1,52
0,01	3,67	nicht berechnet		
1,49	86,37	0,13	0,60	1,67
0,48	24,73	0,30	0,51	1,49
0,30	14,81	0,42	0,47	1,47
0,15	7,04	0,69	0,43	1,49
0,80	53,91	0,35	0,49	2,00
0,24	18,81	0,69	0,43	1,85
0,13	11,94	0,88	0,41	1,73
0,04	5,88	1,22	0,38	1,59
0,43	32,53	0,39	0,48	1,85
0,15	13,97	0,62	0,44	1,74
0,08	9,26	0,79	0,42	1,69
0,02	4,91	0,82	0,41	1,54
0,10	7,03	0,83	0,41	1,61
0,05	4,74	0,83	0,41	1,56
0,02	3,81	0,77	0,42	1,54
0,00	2,60	0,37	0,49	1,48
0,48	16,03	0,47	0,46	1,51
0,26	9,08	0,71	0,43	1,50
0,19	6,74	0,85	0,41	1,49
0,11	4,15	1,13	0,39	1,51
0,29	13,16	0,87	0,41	1,72
0,09	5,70	1,31	0,38	1,61
0,04	3,54	1,58	0,36	1,53
0,20	10,29	0,94	0,40	1,71
0,10	6,40	1,18	0,39	1,65
0,06	4,90	1,23	0,38	1,60
0,02	3,17	1,36	0,37	1,56
2,59	80,50	0,15	0,58	1,61
0,93	24,84	0,35	0,49	1,50
0,61	15,29	0,51	0,45	1,49
0,32	7,58	0,87	0,41	1,50

sig t,90	sig m	V	kvöl	kdis
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[m ³]	[-]	[-]
0,95	36,77	0,50	0,46	1,85
0,38	15,51	0,89	0,41	1,75
0,24	10,27	1,16	0,39	1,69
0,11	5,47	1,69	0,36	1,58
0,41	17,68	0,81	0,42	1,80
0,19	9,47	1,14	0,39	1,72
0,12	6,83	1,27	0,38	1,66
0,05	4,02	1,43	0,37	1,54
0,07	4,40	1,28	0,38	1,56
0,04	3,31	1,19	0,38	1,54
0,02	2,79	1,08	0,39	1,54
0,01	2,06	0,82	0,41	1,55
0,27	7,55	0,97	0,40	1,54
0,17	5,23	1,15	0,39	1,52
0,13	4,26	1,26	0,38	1,51
0,08	2,99	1,48	0,37	1,52
0,16	6,52	1,35	0,38	1,59
0,10	4,48	1,56	0,36	1,56
0,07	3,67	1,69	0,36	1,54
0,04	2,57	1,95	0,35	1,51
0,12	5,70	1,49	0,37	1,62
0,07	4,03	1,63	0,36	1,59
0,05	3,34	1,73	0,36	1,58
0,02	2,37	1,75	0,36	1,55
0,78	16,44	0,52	0,45	1,50
0,46	9,47	0,78	0,42	1,50
0,35	7,12	0,96	0,40	1,50
0,21	4,55	1,36	0,37	1,52
0,36	11,50	1,03	0,40	1,63
0,20	6,99	1,40	0,37	1,58
0,15	5,36	1,61	0,36	1,56
0,08	3,41	2,11	0,34	1,51
0,21	7,85	1,37	0,37	1,64
0,12	5,26	1,65	0,36	1,61
0,08	4,19	1,75	0,36	1,58
0,04	2,80	2,05	0,34	1,54
3,42	75,89	0,16	0,58	1,56
1,33	24,89	0,38	0,48	1,49
0,89	15,72	0,57	0,45	1,50
0,48	7,86	0,99	0,40	1,52

Nr.	Träger	alpha	beta	c	Rin	ha	hm	Rm	hm/Rm
		[°]	[°]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
37	K101021	10	10	0,5	28790	500	952	29266	0,03
38	K101022	10	10	0,5	28790	1000	1460	29520	0,05
39	K101023	10	10	0,5	28790	1330	1795	29688	0,06
40	K101024	10	10	0,5	28790	2000	2475	30028	0,08
41	K101031	10	10	0,98	56440	500	1379	57130	0,02
42	K101032	10	10	0,98	56440	1000	1887	57384	0,03
43	K101033	10	10	0,98	56440	1330	2222	57551	0,04
44	K101034	10	10	0,98	56440	2000	2902	57891	0,05
45	K150011	15	0	0	9999999	500	3179	10001589	0,00
46	K150012	15	0	0	9999999	1000	3679	10001839	0,00
47	K150013	15	0	0	9999999	1330	4009	10002004	0,00
48	K150014	15	0	0	9999999	2000	4679	10002339	0,00
49	K150511	15	5	0,125	14340	500	2368	15524	0,15
50	K150512	15	5	0,125	14340	1000	2878	15779	0,18
51	K150513	15	5	0,125	14340	1330	3214	15947	0,20
52	K150514	15	5	0,125	14340	2000	3897	16289	0,24
53	K150521	15	5	0,5	57370	500	2532	58636	0,04
54	K150522	15	5	0,5	57370	1000	3042	58891	0,05
55	K150523	15	5	0,5	57370	1330	3379	59060	0,06
56	K150524	15	5	0,5	57370	2000	4062	59401	0,07
57	K150531	15	5	0,98	112440	500	2745	113813	0,02
58	K150532	15	5	0,98	112440	1000	3254	114067	0,03
59	K150533	15	5	0,98	112440	1330	3591	114236	0,03
60	K150534	15	5	0,98	112440	2000	4274	114577	0,04
61	K151011	15	10	0,125	7200	500	1542	7971	0,19
62	K151012	15	10	0,125	7200	1000	2058	8229	0,25
63	K151013	15	10	0,125	7200	1330	2398	8399	0,29
64	K151014	15	10	0,125	7200	2000	3089	8745	0,35
65	K151021	15	10	0,5	28790	500	1875	29728	0,06
66	K151022	15	10	0,5	28790	1000	2391	29986	0,08
67	K151023	15	10	0,5	28790	1330	2731	30156	0,09
68	K151024	15	10	0,5	28790	2000	3422	30501	0,11
69	K151031	15	10	0,98	56440	500	2303	57592	0,04
70	K151032	15	10	0,98	56440	1000	2819	57850	0,05
71	K151033	15	10	0,98	56440	1330	3159	58020	0,05
72	K151034	15	10	0,98	56440	2000	3850	58365	0,07
73	K151511	15	15	0,125	4830	500	689	5175	0,13
74	K151512	15	15	0,125	4830	1000	1206	5433	0,22
75	K151513	15	15	0,125	4830	1330	1548	5604	0,28
76	K151514	15	15	0,125	4830	2000	2242	5951	0,38

sig t,90	sig m	V	kvöl	kdis
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[m ³]	[-]	[-]
0,97	27,80	0,60	0,44	1,72
0,46	13,27	1,06	0,39	1,67
0,31	9,17	1,34	0,38	1,63
0,16	5,05	1,94	0,35	1,56
0,36	11,80	1,15	0,39	1,68
0,20	7,19	1,53	0,37	1,64
0,14	5,47	1,67	0,36	1,60
0,07	3,44	2,06	0,34	1,55
0,18	4,87	1,47	0,37	1,56
0,13	3,71	1,55	0,36	1,54
0,10	3,13	1,60	0,36	1,53
0,07	2,38	1,82	0,35	1,55
0,11	4,28	1,77	0,36	1,52
0,07	3,23	1,92	0,35	1,51
0,05	2,71	2,02	0,35	1,50
0,03	2,07	2,23	0,34	1,49
0,08	3,88	1,90	0,35	1,55
0,05	3,00	1,95	0,35	1,55
0,04	2,56	1,99	0,35	1,54
0,02	1,93	1,84	0,35	1,49
0,43	8,02	1,05	0,39	1,54
0,30	5,63	1,30	0,38	1,54
0,24	4,61	1,45	0,37	1,53
0,16	3,29	1,79	0,35	1,54
0,21	6,15	1,53	0,37	1,52
0,14	4,34	1,85	0,35	1,51
0,11	3,55	2,03	0,35	1,49
0,07	2,52	2,59	0,33	1,49
0,13	4,88	1,86	0,35	1,56
0,08	3,58	2,06	0,34	1,54
0,06	2,99	2,11	0,34	1,53
0,04	2,20	2,36	0,34	1,51
1,05	16,72	0,55	0,45	1,49
0,65	10,03	0,88	0,41	1,52
0,49	7,64	1,07	0,39	1,52
0,31	4,93	1,55	0,36	1,54
0,41	10,30	1,16	0,39	1,56
0,25	6,51	1,58	0,36	1,54
0,19	5,05	1,87	0,35	1,52
0,12	3,28	2,39	0,33	1,49

Nr.	Träger	alpha	beta	c	Rin	ha	hm	Rm	hm/Rm
		[°]	[°]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
77	K151521	15	15	0,5	19320	500	1200	19920	0,06
78	K151522	15	15	0,5	19320	1000	1718	20179	0,09
79	K151523	15	15	0,5	19320	1330	2060	20350	0,10
80	K151524	15	15	0,5	19320	2000	2753	20697	0,13
81	K151531	15	15	0,98	37860	500	1855	38788	0,05
82	K151532	15	15	0,98	37860	1000	2372	39046	0,06
83	K151533	15	15	0,98	37860	1330	2714	39217	0,07
84	K151534	15	15	0,98	37860	2000	3408	39564	0,09
85	K200511	20	5	0,125	14340	500	3332	16006	0,21
86	K200512	20	5	0,125	14340	1000	3846	16263	0,24
87	K200513	20	5	0,125	14340	1330	4185	16433	0,25
88	K200514	20	5	0,125	14340	2000	4874	16777	0,29
89	K200521	20	5	0,5	57370	500	3496	59118	0,06
90	K200522	20	5	0,5	57370	1000	4010	59375	0,07
91	K200523	20	5	0,5	57370	1330	4349	59545	0,07
92	K200524	20	5	0,5	57370	2000	5038	59889	0,08
93	K200531	20	5	0,98	112440	500	3709	114295	0,03
94	K200532	20	5	0,98	112440	1000	4223	114552	0,04
95	K200533	20	5	0,98	112440	1330	4562	114721	0,04
96	K200534	20	5	0,98	112440	2000	5250	115065	0,05
97	K201011	20	10	0,125	7200	500	2510	8455	0,30
98	K201012	20	10	0,125	7200	1000	3034	8717	0,35
99	K201013	20	10	0,125	7200	1330	3380	8890	0,38
100	K201014	20	10	0,125	7200	2000	4082	9241	0,44
101	K201021	20	10	0,5	28790	500	2843	30212	0,09
102	K201022	20	10	0,5	28790	1000	3367	30474	0,11
103	K201023	20	10	0,5	28790	1330	3713	30647	0,12
104	K201024	20	10	0,5	28790	2000	4415	30998	0,14
105	K201031	20	10	0,98	56440	500	3272	58076	0,06
106	K201032	20	10	0,98	56440	1000	3796	58338	0,07
107	K201033	20	10	0,98	56440	1330	4142	58511	0,08
108	K201034	20	10	0,98	56440	2000	4844	58862	0,08
109	K201511	20	15	0,125	4830	500	1660	5660	0,29
110	K201512	20	15	0,125	4830	1000	2190	5925	0,37
111	K201513	20	15	0,125	4830	1330	2540	6100	0,42
112	K201514	20	15	0,125	4830	2000	3250	6455	0,50
113	K201521	20	15	0,5	19320	500	2171	20406	0,11
114	K201522	20	15	0,5	19320	1000	2701	20671	0,13
115	K201523	20	15	0,5	19320	1330	3051	20846	0,15
116	K201524	20	15	0,5	19320	2000	3761	21201	0,18

sig t,90	sig m	V	kvot	kdls
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[m ³]	[-]	[-]
0,20	6,36	1,71	0,36	1,57
0,13	4,44	2,03	0,35	1,56
0,10	3,66	2,15	0,34	1,54
0,06	2,54	2,28	0,34	1,49
4,06	71,84	0,17	0,57	1,53
1,67	24,87	0,41	0,48	1,49
1,13	16,04	0,61	0,44	1,50
0,62	8,22	1,08	0,39	1,53
0,95	22,02	0,70	0,43	1,60
0,50	11,56	1,17	0,39	1,59
0,36	8,36	1,49	0,37	1,57
0,20	4,79	2,15	0,34	1,53
0,32	8,84	1,45	0,37	1,59
0,20	5,78	1,85	0,35	1,58
0,15	4,56	2,09	0,34	1,57
0,09	3,00	2,29	0,34	1,50
0,29	5,26	1,59	0,36	1,57
0,22	4,01	1,77	0,36	1,56
0,18	3,45	1,88	0,35	1,56
0,13	2,64	2,26	0,34	1,58
0,15	4,09	1,99	0,35	1,46
0,10	3,16	2,24	0,34	1,46
0,08	2,70	2,38	0,33	1,46
0,06	2,03	2,78	0,32	1,46
0,10	3,50	2,26	0,34	1,50
0,07	2,74	2,37	0,34	1,51
0,05	2,36	2,26	0,34	1,48
0,03	1,83	2,28	0,34	1,45
0,58	8,40	1,13	0,39	1,55
0,41	5,98	1,43	0,37	1,55
0,33	4,94	1,58	0,36	1,54
0,23	3,53	2,06	0,34	1,56
0,25	5,70	1,73	0,36	1,48
0,17	4,14	2,06	0,34	1,46
0,14	3,42	2,30	0,34	1,46
0,09	2,46	2,95	0,32	1,47
0,14	4,22	2,18	0,34	1,51
0,10	3,20	2,38	0,33	1,50
0,07	2,72	2,55	0,33	1,51
0,05	2,03	2,40	0,33	1,44

Nr.	Träger	alpha	beta	c	Rin	ha	hm	Rm	hm/Rm
		[°]	[°]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
117	K201531	20	15	0,98	37860	500	2827	39274	0,07
118	K201532	20	15	0,98	37860	1000	3357	39539	0,08
119	K201533	20	15	0,98	37860	1330	3707	39714	0,09
120	K201544	20	15	0,98	37860	2000	4417	40069	0,11
121	K202011	20	20	0,125	3650	500	770	4035	0,19
122	K202012	20	20	0,125	3650	1000	1302	4301	0,30
123	K202013	20	20	0,125	3650	1330	1653	4477	0,37
124	K202014	20	20	0,125	3650	2000	2366	4833	0,48
125	K202021	20	20	0,5	14620	500	1472	15356	0,10
126	K202022	20	20	0,5	14620	1000	2004	15622	0,13
127	K202023	20	20	0,5	14620	1330	2356	15798	0,15
128	K202024	20	20	0,5	14620	2000	3069	16155	0,19
129	K202031	20	20	0,98	28650	500	2374	29837	0,08
130	K202032	20	20	0,98	28650	1000	2906	30103	0,10
131	K202033	20	20	0,98	28650	1330	3257	30279	0,11
132	K202034	20	20	0,98	28650	2000	3970	30635	0,13
133	K251011	25	10	0,125	7200	500	3542	8971	0,39
134	K251012	25	10	0,125	7200	1000	4075	9238	0,44
135	K251013	25	10	0,125	7200	1330	4426	9413	0,47
136	K251014	25	10	0,125	7200	2000	5141	9771	0,53
137	K251021	25	10	0,5	28790	500	3875	30728	0,13
138	K251022	25	10	0,5	28790	1000	4408	30994	0,14
139	K251023	25	10	0,5	28790	1330	4759	31170	0,15
140	K251024	25	10	0,5	28790	2000	5474	31527	0,17
141	K251031	25	10	0,98	56440	500	4304	58592	0,07
142	K251032	25	10	0,98	56440	1000	4837	58859	0,08
143	K251033	25	10	0,98	56440	1330	5189	59035	0,09
144	K251034	25	10	0,98	56440	2000	5902	59391	0,10
145	K251511	25	15	0,125	4830	500	2696	6178	0,44
146	K251512	25	15	0,125	4830	1000	3239	6450	0,50
147	K251513	25	15	0,125	4830	1330	3598	6629	0,54
148	K251514	25	15	0,125	4830	2000	4326	6993	0,62
149	K251521	25	15	0,5	19320	500	3207	20924	0,15
150	K251522	25	15	0,5	19320	1000	3750	21195	0,18
151	K251523	25	15	0,5	19320	1330	4109	21375	0,19
152	K251524	25	15	0,5	19320	2000	4837	21739	0,22
153	K251531	25	15	0,98	37860	500	3863	39792	0,10
154	K251532	25	15	0,98	37860	1000	4407	40064	0,11
155	K251533	25	15	0,98	37860	1330	4766	40243	0,12
156	K251534	25	15	0,98	37860	2000	5493	40607	0,14

sig t,90	sig m	V	kvöl	klis
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[m ³]	[-]	[-]
1,28	16,83	0,58	0,44	1,49
0,80	10,18	0,94	0,40	1,52
0,62	7,90	1,15	0,39	1,52
0,40	5,13	1,68	0,36	1,54
0,44	9,22	1,30	0,38	1,49
0,29	6,08	1,75	0,36	1,49
0,23	4,79	2,05	0,34	1,49
0,15	3,17	2,64	0,33	1,47
0,20	5,28	1,96	0,35	1,51
0,14	3,88	2,31	0,34	1,51
0,11	3,22	2,57	0,33	1,52
0,07	2,31	2,72	0,33	1,48
4,57	68,37	0,19	0,56	1,49
1,97	24,96	0,44	0,47	1,48
1,35	16,09	0,65	0,43	1,50
0,75	8,50	1,15	0,39	1,53
0,93	18,54	0,78	0,42	1,49
0,53	10,45	1,30	0,38	1,53
0,39	7,66	1,63	0,36	1,53
0,23	4,52	2,44	0,33	1,52
0,29	7,02	1,72	0,36	1,51
0,19	4,81	2,13	0,34	1,52
0,15	3,93	2,40	0,33	1,52
0,09	2,69	2,75	0,33	1,49

Nr.	Träger	alpha	beta	c	Rin	ha	hm	Rm	hm/Rm
		[°]	[°]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]
157	K252011	25	20	0,125	3650	500	1807	4554	0,39
158	K252012	25	20	0,125	3650	1000	2356	4828	0,48
159	K252013	25	20	0,125	3650	1330	2719	5010	0,54
160	K252014	25	20	0,125	3650	2000	3455	5378	0,64
161	K252021	25	20	0,5	14620	500	2510	15875	0,16
162	K252022	25	20	0,5	14620	1000	3060	16150	0,19
163	K252023	25	20	0,5	14620	1330	3422	16331	0,21
164	K252024	25	20	0,5	14620	2000	4159	16700	0,25
165	K252031	25	20	0,98	28650	500	3413	30357	0,11
166	K252032	25	20	0,98	28650	1000	3963	30632	0,13
167	K252033	25	20	0,98	28650	1330	4326	30813	0,14
168	K252034	25	20	0,98	28650	2000	5062	31181	0,16
169	K252511	25	25	0,125	2960	500	862	3391	0,25
170	K252512	25	25	0,125	2960	1000	1414	3667	0,38
171	K252513	25	25	0,125	2960	1330	1778	3849	0,46
172	K252514	25	25	0,125	2960	2000	2517	4219	0,59
173	K252521	25	25	0,5	11830	500	1777	12719	0,14
174	K252522	25	25	0,5	11830	1000	2328	12994	0,18
175	K252523	25	25	0,5	11830	1330	2693	13177	0,20
176	K252524	25	25	0,5	11830	2000	3432	13546	0,25
177	K252531	25	25	0,98	23190	500	2955	24668	0,12
178	K252532	25	25	0,98	23190	1000	3507	24944	0,14
179	K252533	25	25	0,98	23190	1330	3871	25126	0,15
180	K252534	25	25	0,98	23190	2000	4610	25495	0,18

Vergleich FE Berechnung und EC 5

sig _{t,90FE} sig _{t,90EC}	sig _{mFE} sig _{mEC}	V _{FE} V _{redEC}	kvol _{FE} kvol _{EC}	kdis _{FE} kdis _{EC}	kvol _{FE} *kdis _{FE} kvol _{EC} *kdis _{EC}	sig _{t,90FE} kvol _{FE} *kdis _{FE} sig _{t,90EC} kvol _{EC} *kdis _{EC}
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,58	0,84	1,86	0,88	1,19	1,05	0,56
0,36	0,85	1,20	0,96	1,13	1,09	0,33
0,19	0,85	0,76	1,06	1,09	1,15	0,16
0,16	0,87	-	-	-	-	-
0,67	0,77	0,96	1,01	0,98	0,99	0,67
0,63	0,81	1,13	0,98	0,88	0,86	0,74
0,62	0,83	1,20	0,96	0,87	0,84	0,74
0,55	0,88	1,27	0,95	0,87	0,83	0,66
0,72	0,81	0,60	1,11	1,18	1,30	0,55
0,58	0,81	0,63	1,10	1,09	1,19	0,49
0,48	0,83	0,62	1,10	1,02	1,12	0,43
0,32	0,84	0,58	1,12	0,93	1,04	0,30
0,67	0,81	0,45	1,17	1,09	1,27	0,52
0,52	0,82	0,41	1,20	1,03	1,23	0,43
0,40	0,83	0,40	1,20	0,99	1,19	0,34
0,19	0,84	0,29	1,28	0,91	1,16	0,17
0,49	0,85	1,70	0,90	1,15	1,03	0,47
0,33	0,85	1,14	0,97	1,11	1,08	0,31
0,22	0,86	0,84	1,03	1,10	1,14	0,19
0,04	0,87	0,27	1,30	1,05	1,37	0,03
0,76	0,84	1,33	0,94	0,89	0,84	0,90
0,70	0,88	1,44	0,93	0,88	0,82	0,86
0,65	0,91	1,44	0,93	0,88	0,82	0,80
0,56	0,95	1,43	0,93	0,89	0,82	0,68
0,67	0,82	0,69	1,08	1,01	1,09	0,61
-	-	-	-	-	-	-
0,48	0,83	0,62	1,10	0,94	1,04	0,46
0,34	0,85	0,56	1,12	0,90	1,01	0,33
0,61	0,82	0,65	1,09	1,00	1,09	0,56
0,48	0,83	0,56	1,12	0,97	1,09	0,44
0,39	0,83	0,48	1,16	0,94	1,09	0,36
0,22	0,85	0,39	1,21	0,91	1,10	0,20
0,78	0,77	1,04	0,99	0,95	0,94	0,83
0,79	0,81	1,24	0,96	0,88	0,84	0,94
0,78	0,85	1,36	0,94	0,88	0,83	0,95
0,71	0,92	1,48	0,92	0,88	0,82	0,87

Berechnung nach EC 5

Nr.	Träger	Mm/W/m	kp	kl	sig _{t,90}	sig _m	V	V _b	V _{red}	kvol	kdis
		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[-]	[-]
1	K050011	15,87	0,018	1,16	0,28	18,47	0,19	1,87	0,19	0,56	1,4
2	K050012	8,53	0,018	1,16	0,15	9,93	0,34	2,87	0,34	0,49	1,4
3	K050013	6,17	0,018	1,16	0,11	7,18	0,48	3,53	0,48	0,46	1,4
4	K050014	3,63	0,018	1,16	0,06	4,22	0,81	4,87	0,81	0,42	1,4
5	K050511	96,70	0,023	1,15	2,23	111,54	0,13	1,01	0,13	0,60	1,7
6	K050512	26,75	0,028	1,15	0,75	30,66	0,27	2,02	0,27	0,52	1,7
7	K050513	15,53	0,032	1,14	0,49	17,74	0,35	2,68	0,35	0,49	1,7
8	K050514	7,06	0,039	1,14	0,27	8,04	0,54	4,04	0,54	0,45	1,7
9	K050521	57,71	0,019	1,16	1,11	66,89	0,58	1,08	0,58	0,44	1,7
10	K050522	20,06	0,020	1,16	0,41	23,20	1,09	2,09	1,09	0,39	1,7
11	K050523	12,42	0,021	1,16	0,27	14,35	1,42	2,75	1,42	0,37	1,7
12	K050524	6,05	0,023	1,15	0,14	6,97	2,12	4,11	2,12	0,34	1,7
13	K050531	34,54	0,019	1,16	0,65	40,13	1,27	1,29	0,85	0,41	1,7
14	K050532	14,59	0,019	1,16	0,28	16,93	2,26	2,29	1,51	0,37	1,7
15	K050533	9,63	0,020	1,16	0,19	11,16	2,92	2,96	1,95	0,35	1,7
16	K050534	5,05	0,021	1,16	0,10	5,84	4,25	4,31	2,85	0,32	1,7
17	K100011	5,86	0,035	1,41	0,21	8,29	0,49	2,76	0,49	0,46	1,4
18	K100012	3,93	0,035	1,41	0,14	5,56	0,73	3,76	0,73	0,42	1,4
19	K100013	3,14	0,035	1,41	0,11	4,44	0,91	4,42	0,91	0,41	1,4
20	K100014	2,12	0,035	1,41	0,08	3,00	1,35	5,76	1,35	0,37	1,4
21	K100511	14,31	0,044	1,33	0,63	19,03	0,35	1,91	0,35	0,49	1,7
22	K100512	7,86	0,048	1,31	0,38	10,29	0,49	2,92	0,49	0,46	1,7
23	K100513	5,73	0,050	1,30	0,29	7,44	0,59	3,59	0,59	0,44	1,7
24	K100514	3,41	0,056	1,28	0,19	4,37	0,79	4,96	0,79	0,42	1,7
25	K100521	11,53	0,037	1,39	0,43	15,99	1,25	1,97	1,25	0,38	1,7
26	K100522	6,70	0,038	1,38	0,25	9,24	1,77	2,98	1,77	0,36	1,7
27	K100523	4,99	0,038	1,37	0,19	6,85	2,11	3,66	2,11	0,34	1,7
28	K100524	3,06	0,039	1,36	0,12	4,18	2,82	5,03	2,82	0,32	1,7
29	K100531	9,02	0,036	1,40	0,33	12,61	2,16	2,18	1,44	0,37	1,7
30	K100532	5,53	0,037	1,39	0,20	7,70	3,16	3,20	2,11	0,34	1,7
31	K100533	4,23	0,037	1,39	0,16	5,88	3,83	3,87	2,55	0,33	1,7
32	K100534	2,69	0,037	1,39	0,10	3,72	5,17	5,23	3,45	0,31	1,7
33	K101011	78,30	0,042	1,34	3,32	104,98	0,14	1,03	0,14	0,59	1,7
34	K101012	23,66	0,050	1,30	1,18	30,73	0,28	2,05	0,28	0,51	1,7
35	K101013	14,04	0,056	1,28	0,78	18,01	0,38	2,73	0,38	0,48	1,7
36	K101014	6,54	0,069	1,27	0,45	8,28	0,59	4,11	0,59	0,44	1,7

sig.L90FE sig.L90EC	sig.mFE sig.mEC	VFE VredEC	kvolFE kvolEC	kdiseFE kdiseEC	kvolFE*kdiseFE kvolEC*kdiseEC	sig.L90FE kvolFE*kdiseFE sig.L90EC kvolEC*kdiseEC
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,76	0,80	0,76	1,06	1,09	1,15	0,66
0,70	0,81	0,75	1,06	1,03	1,09	0,64
0,64	0,81	0,75	1,06	0,99	1,05	0,61
0,53	0,83	0,75	1,06	0,93	0,98	0,54
0,70	0,81	0,77	1,05	1,06	1,11	0,63
0,60	0,81	0,66	1,09	1,01	1,10	0,55
0,53	0,82	0,58	1,11	0,97	1,09	0,49
0,37	0,82	0,46	1,17	0,91	1,06	0,35
0,42	0,84	1,36	0,94	1,12	1,05	0,40
0,29	0,85	0,95	1,01	1,10	1,11	0,26
0,20	0,85	0,72	1,07	1,10	1,17	0,17
0,07	0,85	0,40	1,20	1,11	1,33	0,05
0,77	0,91	1,64	0,91	0,90	0,82	0,94
0,70	0,95	1,55	0,92	0,89	0,82	0,85
0,64	0,98	1,50	0,92	0,89	0,82	0,78
0,55	1,03	1,41	0,93	0,89	0,83	0,66
0,62	0,82	0,70	1,07	0,94	1,00	0,62
0,52	0,82	0,63	1,10	0,92	1,00	0,52
0,46	0,84	0,60	1,11	0,90	1,00	0,46
0,35	0,86	0,55	1,13	0,89	1,00	0,35
0,56	0,83	0,73	1,07	0,95	1,01	0,55
0,45	0,83	0,60	1,11	0,94	1,04	0,43
0,37	0,84	0,55	1,13	0,93	1,05	0,35
0,23	0,85	0,43	1,19	0,91	1,08	0,21
0,87	0,87	1,35	0,94	0,88	0,83	1,05
0,82	0,91	1,46	0,93	0,88	0,82	1,00
0,77	0,94	1,48	0,92	0,88	0,82	0,95
0,68	1,01	1,55	0,92	0,89	0,82	0,83
0,74	0,81	0,75	1,06	0,96	1,02	0,73
0,67	0,81	0,73	1,06	0,93	0,99	0,67
0,62	0,82	0,71	1,07	0,92	0,98	0,63
0,53	0,84	0,70	1,07	0,89	0,96	0,55
0,65	0,82	0,82	1,04	0,96	1,00	0,65
0,56	0,83	0,70	1,07	0,95	1,01	0,56
0,50	0,83	0,62	1,10	0,93	1,02	0,49
0,36	0,84	0,55	1,13	0,91	1,02	0,35
0,86	0,77	1,03	0,99	0,92	0,91	0,94
0,86	0,81	1,26	0,95	0,88	0,84	1,03
0,85	0,87	1,39	0,94	0,88	0,83	1,02
0,76	0,92	1,54	0,92	0,89	0,82	0,93

Nr.	Träger	Mm/Wm	kp	kl	sig.L90	sig.m	V	Vb	Vred	kvol	kdise
		[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[-]	[-]
37	K101021	33,10	0,038	1,38	1,25	45,74	0,66	1,17	0,66	0,43	1,7
38	K101022	14,07	0,039	1,37	0,55	19,24	1,18	2,19	1,18	0,38	1,7
39	K101023	9,31	0,040	1,36	0,37	12,64	1,53	2,87	1,53	0,37	1,7
40	K101024	4,90	0,042	1,34	0,21	6,56	2,25	4,25	2,25	0,34	1,7
41	K101031	15,78	0,037	1,39	0,58	21,94	1,57	1,59	1,05	0,39	1,7
42	K101032	8,43	0,038	1,38	0,32	11,65	2,58	2,61	1,72	0,36	1,7
43	K101033	6,08	0,038	1,38	0,23	8,37	3,25	3,29	2,17	0,34	1,7
44	K101034	3,56	0,039	1,37	0,14	4,87	4,63	4,69	3,09	0,32	1,7
45	K150011	2,97	0,054	1,76	0,16	5,23	0,94	3,68	0,94	0,40	1,4
46	K150012	2,22	0,054	1,76	0,12	3,91	1,26	4,68	1,26	0,38	1,4
47	K150013	1,87	0,054	1,76	0,10	3,29	1,50	5,34	1,50	0,37	1,4
48	K150014	1,37	0,054	1,76	0,07	2,42	2,04	6,68	2,04	0,35	1,4
49	K150511	5,35	0,065	1,54	0,35	8,26	0,59	2,83	0,59	0,44	1,7
50	K150512	3,62	0,069	1,51	0,25	5,48	0,74	3,85	0,74	0,42	1,7
51	K150513	2,90	0,072	1,50	0,21	4,35	0,84	4,53	0,84	0,41	1,7
52	K150514	1,98	0,078	1,47	0,15	2,90	1,05	5,91	1,05	0,39	1,7
53	K150521	4,68	0,056	1,69	0,26	7,91	1,95	2,90	1,91	0,35	1,7
54	K150522	3,24	0,056	1,68	0,18	5,44	2,48	3,92	2,48	0,33	1,7
55	K150523	2,63	0,056	1,67	0,15	4,38	2,83	4,60	2,83	0,32	1,7
56	K150524	1,82	0,057	1,65	0,10	3,00	3,54	5,97	3,54	0,31	1,7
57	K150531	3,98	0,055	1,72	0,22	6,85	3,09	3,11	2,05	0,34	1,7
58	K150532	2,83	0,055	1,71	0,16	4,86	4,09	4,13	2,73	0,33	1,7
59	K150533	2,33	0,055	1,71	0,13	3,98	4,76	4,81	3,17	0,32	1,7
60	K150534	1,64	0,055	1,70	0,09	2,79	6,12	6,18	4,08	0,30	1,7
61	K151011	12,62	0,071	1,50	0,89	18,97	0,38	1,96	0,38	0,48	1,7
62	K151012	7,08	0,080	1,46	0,56	10,36	0,54	3,00	0,54	0,45	1,7
63	K151013	5,22	0,086	1,45	0,45	7,54	0,65	3,69	0,65	0,43	1,7
64	K151014	3,14	0,100	1,43	0,32	4,50	0,88	5,09	0,88	0,41	1,7
65	K151021	8,53	0,057	1,66	0,49	14,16	1,37	2,10	1,37	0,37	1,7
66	K151022	5,25	0,058	1,63	0,31	8,58	1,91	3,14	1,91	0,35	1,7
67	K151023	4,02	0,059	1,62	0,24	6,51	2,26	3,82	2,26	0,34	1,7
68	K151024	2,56	0,061	1,59	0,16	4,08	3,01	5,23	3,01	0,32	1,7
69	K151031	5,66	0,055	1,69	0,31	9,59	2,50	2,52	1,66	0,36	1,7
70	K151032	3,78	0,056	1,68	0,21	6,35	3,53	3,56	2,35	0,34	1,7
71	K151033	3,01	0,056	1,67	0,17	5,03	4,21	4,25	2,80	0,32	1,7
72	K151034	2,02	0,057	1,65	0,12	3,35	5,61	5,65	3,73	0,31	1,7
73	K151511	63,20	0,063	1,57	3,99	99,03	0,15	1,05	0,15	0,58	1,7
74	K151512	20,63	0,075	1,48	1,54	30,54	0,30	2,10	0,30	0,51	1,7
75	K151513	12,52	0,084	1,45	1,05	18,15	0,41	2,79	0,41	0,48	1,7
76	K151514	5,97	0,105	1,43	0,63	8,55	0,64	4,21	0,64	0,41	1,7

sig.t.90FE sig.t.90EC	sig.mFE sig.mEC	VFE VredEC	kvoIFE kvoIEC	kdisFE kdisEC	kvoIFE*kdifeFE kvoIEC*kdifeEC	sig.t.90FE sig.t.90EC
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,82	0,80	0,80	1,05	1,01	1,06	0,78
0,77	0,80	0,82	1,04	0,98	1,02	0,75
0,73	0,81	0,81	1,04	0,96	1,00	0,73
0,64	0,82	0,80	1,04	0,91	0,96	0,67
0,73	0,80	0,91	1,02	0,99	1,01	0,72
0,66	0,81	0,78	1,05	0,96	1,01	0,65
0,60	0,81	0,69	1,08	0,94	1,01	0,59
0,48	0,82	0,62	1,10	0,91	1,00	0,48
0,73	0,99	1,72	0,90	0,92	0,82	0,88
0,65	1,03	1,53	0,92	0,90	0,83	0,78
0,60	1,04	1,43	0,93	0,90	0,84	0,72
0,52	1,10	1,36	0,94	0,91	0,86	0,61
0,59	0,84	0,69	1,08	0,89	0,96	0,61
0,50	0,84	0,60	1,11	0,89	0,98	0,51
0,44	0,83	0,56	1,12	0,88	0,99	0,44
0,34	0,86	0,52	1,14	0,87	1,00	0,35
0,52	0,83	0,70	1,07	0,91	0,98	0,53
0,41	0,83	0,58	1,12	0,91	1,01	0,41
0,34	0,84	0,52	1,14	0,91	1,03	0,33
0,23	0,84	0,39	1,21	0,88	1,06	0,22
0,84	0,98	1,59	0,91	0,91	0,83	1,02
0,77	1,03	1,57	0,91	0,90	0,83	0,93
0,72	1,05	1,53	0,92	0,90	0,83	0,87
0,63	1,09	1,49	0,92	0,91	0,84	0,76
0,71	0,82	0,75	1,06	0,90	0,95	0,75
0,64	0,83	0,69	1,08	0,89	0,95	0,67
0,59	0,84	0,67	1,08	0,88	0,95	0,62
0,51	0,85	0,68	1,08	0,88	0,95	0,54
0,62	0,83	0,81	1,04	0,92	0,96	0,64
0,53	0,83	0,69	1,08	0,91	0,98	0,54
0,47	0,83	0,61	1,10	0,90	0,99	0,47
0,35	0,85	0,54	1,13	0,89	1,01	0,35
0,90	0,89	1,32	0,95	0,88	0,83	1,08
0,84	0,96	1,48	0,92	0,89	0,83	1,02
0,80	0,99	1,49	0,92	0,89	0,82	0,97
0,70	1,02	1,57	0,91	0,91	0,83	0,85
0,80	0,82	0,78	1,05	0,92	0,96	0,83
0,74	0,82	0,76	1,06	0,90	0,95	0,77
0,69	0,82	0,76	1,06	0,89	0,94	0,73
0,62	0,83	0,74	1,06	0,88	0,93	0,66

Nr.	Träger	Mtm/W/m	kp	kl	sig t,90	sig m	V	Vb	Vred	kvol	kdis
		[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[m³]	[m³]	[m³]	[-]	[-]
77	K151521	20,83	0,057	1,66	1,18	34,64	0,76	1,27	0,76	0,42	1,7
78	K151522	10,16	0,059	1,63	0,60	16,54	1,29	2,31	1,29	0,38	1,7
79	K151523	7,07	0,060	1,61	0,42	11,35	1,66	3,01	1,66	0,36	1,7
80	K151524	3,96	0,063	1,57	0,25	6,20	2,41	4,42	2,41	0,33	1,7
81	K151531	8,72	0,056	1,68	0,49	14,67	1,91	1,92	1,27	0,38	1,7
82	K151532	5,33	0,057	1,66	0,30	8,86	2,94	2,97	1,96	0,35	1,7
83	K151533	4,07	0,057	1,65	0,23	6,72	3,63	3,66	2,41	0,33	1,7
84	K151534	2,58	0,059	1,63	0,15	4,20	5,05	5,08	3,35	0,31	1,7
85	K200511	2,70	0,093	1,81	0,25	4,89	0,85	3,80	0,85	0,41	1,7
86	K200512	2,03	0,097	1,77	0,20	3,60	1,01	4,83	1,01	0,40	1,7
87	K200513	1,71	0,100	1,75	0,17	3,00	1,12	5,51	1,12	0,39	1,7
88	K200514	1,26	0,107	1,72	0,14	2,17	1,34	6,90	1,34	0,38	1,7
89	K200521	2,45	0,076	2,08	0,19	5,11	2,69	3,87	2,55	0,33	1,7
90	K200522	1,87	0,077	2,06	0,14	3,85	3,22	4,90	3,22	0,32	1,7
91	K200523	1,59	0,078	2,05	0,12	3,26	3,58	5,58	3,58	0,31	1,7
92	K200524	1,18	0,079	2,03	0,09	2,40	4,30	6,97	4,30	0,30	1,7
93	K200531	2,18	0,075	2,14	0,16	4,68	4,06	4,08	2,69	0,33	1,7
94	K200532	1,68	0,075	2,13	0,13	3,59	5,07	5,11	3,37	0,31	1,7
95	K200533	1,44	0,075	2,13	0,11	3,07	5,74	5,79	3,82	0,30	1,7
96	K200534	1,09	0,075	2,11	0,08	2,30	7,11	7,18	4,74	0,29	1,7
97	K201011	4,76	0,108	1,71	0,51	8,16	0,66	2,94	0,66	0,43	1,7
98	K201012	3,26	0,118	1,68	0,39	5,48	0,83	3,99	0,83	0,41	1,7
99	K201013	2,63	0,125	1,67	0,33	4,38	0,95	4,69	0,95	0,40	1,7
100	K201014	1,80	0,140	1,67	0,25	3,00	1,20	6,11	1,20	0,38	1,7
101	K201021	3,71	0,079	2,01	0,30	7,45	2,11	3,08	2,03	0,35	1,7
102	K201022	2,65	0,081	1,97	0,21	5,23	2,67	4,13	2,67	0,33	1,7
103	K201023	2,18	0,082	1,95	0,18	4,25	3,04	4,83	3,04	0,32	1,7
104	K201024	1,54	0,084	1,92	0,13	2,95	3,80	6,25	3,80	0,30	1,7
105	K201031	2,80	0,076	2,09	0,21	5,85	3,48	3,50	2,31	0,34	1,7
106	K201032	2,08	0,077	2,07	0,16	4,31	4,52	4,55	3,00	0,32	1,7
107	K201033	1,75	0,077	2,06	0,14	3,60	5,22	5,25	3,47	0,31	1,7
108	K201034	1,28	0,078	2,03	0,10	2,60	6,63	6,68	4,41	0,30	1,7
109	K201511	10,89	0,107	1,72	1,17	18,68	0,42	2,04	0,42	0,47	1,7
110	K201512	6,26	0,123	1,67	0,77	10,46	0,59	3,11	0,59	0,44	1,7
111	K201513	4,65	0,134	1,66	0,62	7,74	0,72	3,82	0,72	0,43	1,7
112	K201514	2,84	0,157	1,69	0,45	4,81	0,98	5,27	0,98	0,40	1,7
113	K201521	6,37	0,081	1,98	0,51	12,62	1,50	2,25	1,49	0,37	1,7
114	K201522	4,11	0,083	1,94	0,34	7,96	2,07	3,32	2,07	0,34	1,7
115	K201523	3,22	0,085	1,91	0,27	6,15	2,45	4,03	2,45	0,33	1,7
116	K201524	2,12	0,089	1,86	0,19	3,94	3,24	5,49	3,24	0,31	1,7

sig L90FE sig L90EC	sig mFE sig mEC	VFE VredEC	kvofFE kvofEC	kdissFE kdissEC	kvofFE*kdissFE kvofEC*kdissEC	sig L90FE kvofFE*kdissFE sig L90EC kvofEC*kdissEC
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,70	0,83	0,89	1,02	0,93	0,95	0,74
0,62	0,82	0,77	1,05	0,92	0,97	0,64
0,57	0,83	0,69	1,08	0,91	0,97	0,58
0,45	0,84	0,56	1,12	0,88	0,98	0,46
0,89	0,77	1,05	0,99	0,90	0,89	1,00
0,87	0,82	1,27	0,95	0,88	0,84	1,04
0,85	0,87	1,37	0,94	0,88	0,83	1,02
0,76	0,91	1,53	0,92	0,90	0,82	0,93
0,86	0,79	0,81	1,04	0,94	0,98	0,87
0,81	0,80	0,82	1,04	0,94	0,97	0,83
0,78	0,81	0,83	1,04	0,93	0,96	0,81
0,70	0,82	0,83	1,04	0,90	0,93	0,75
0,77	0,82	0,96	1,01	0,94	0,94	0,81
0,70	0,81	0,83	1,04	0,93	0,96	0,72
0,64	0,82	0,78	1,05	0,92	0,97	0,67
0,54	0,81	0,62	1,10	0,88	0,97	0,55
0,79	1,10	1,63	0,91	0,92	0,84	0,94
0,73	1,12	1,51	0,92	0,92	0,84	0,86
0,69	1,13	1,45	0,93	0,91	0,85	0,81
0,63	1,16	1,44	0,93	0,93	0,86	0,73
0,67	0,84	0,73	1,06	0,86	0,92	0,73
0,60	0,85	0,65	1,09	0,86	0,93	0,64
0,56	0,86	0,61	1,10	0,86	0,95	0,59
0,49	0,87	0,60	1,11	0,86	0,95	0,51
0,58	0,83	0,75	1,06	0,88	0,94	0,62
0,49	0,83	0,64	1,09	0,89	0,97	0,50
0,43	0,83	0,54	1,13	0,87	0,98	0,44
0,34	0,84	0,44	1,18	0,85	1,00	0,34
0,85	1,02	1,53	0,92	0,91	0,84	1,02
0,80	1,05	1,52	0,92	0,91	0,84	0,95
0,76	1,06	1,47	0,93	0,91	0,84	0,91
0,70	1,05	1,49	0,92	0,92	0,85	0,82
0,75	0,82	0,79	1,05	0,87	0,91	0,82
0,69	0,83	0,71	1,07	0,86	0,92	0,75
0,65	0,84	0,70	1,08	0,86	0,92	0,70
0,58	0,86	0,71	1,07	0,87	0,93	0,63
0,66	0,83	0,84	1,04	0,89	0,92	0,71
0,57	0,83	0,71	1,07	0,88	0,95	0,60
0,52	0,83	0,67	1,08	0,89	0,96	0,54
0,43	0,84	0,50	1,15	0,85	0,97	0,44

Nr.	Träger	Mm/Wm [N/mm ²]	kp [N/mm ²]	kl [N/mm ²]	sig L90 [N/mm ²]	sig m [N/mm ²]	V [mm ³]	Vb [mm ³]	Vred [mm ³]	kvof [-]	kdiss [-]
117	K201531	3,75	0,077	2,05	0,29	7,71	2,89	2,91	1,92	0,35	1,7
118	K201532	2,66	0,079	2,03	0,21	5,40	3,95	3,98	2,62	0,33	1,7
119	K201533	2,18	0,079	2,01	0,17	4,39	4,66	4,69	3,09	0,32	1,7
120	K201544	1,54	0,081	1,98	0,13	3,04	6,11	6,14	4,05	0,30	1,7
121	K202011	50,60	0,090	1,84	4,57	93,18	0,16	1,09	0,16	0,57	1,7
122	K202012	17,70	0,108	1,71	1,92	30,30	0,33	2,17	0,33	0,50	1,7
123	K202013	10,98	0,122	1,67	1,34	18,38	0,44	2,88	0,44	0,47	1,7
124	K202014	5,36	0,151	1,68	0,81	9,01	0,71	4,35	0,71	0,43	1,7
125	K202021	13,85	0,080	2,00	1,10	27,74	0,86	1,39	0,86	0,41	1,7
126	K202022	7,47	0,083	1,94	0,62	14,49	1,42	2,47	1,42	0,37	1,7
127	K202023	5,40	0,085	1,90	0,46	10,29	1,80	3,18	1,80	0,35	1,7
128	K202024	3,19	0,090	1,84	0,29	5,86	2,60	4,65	2,60	0,33	1,7
129	K202031	5,32	0,078	2,04	0,42	10,85	2,28	2,29	1,51	0,37	1,7
130	K202032	3,55	0,080	2,00	0,28	7,11	3,35	3,37	2,22	0,34	1,7
131	K202033	2,83	0,081	1,98	0,23	5,60	4,07	4,09	2,70	0,33	1,7
132	K202034	1,90	0,083	1,94	0,16	3,69	5,55	5,55	3,66	0,31	1,7
133	K251011	2,39	0,156	2,01	0,37	4,80	0,98	3,98	0,98	0,40	1,7
134	K251012	1,81	0,166	1,99	0,30	3,59	1,17	5,05	1,17	0,39	1,7
135	K251013	1,53	0,172	1,99	0,26	3,04	1,30	5,76	1,30	0,38	1,7
136	K251014	1,14	0,185	2,01	0,21	2,28	1,58	7,21	1,58	0,36	1,7
137	K251021	2,00	0,110	2,45	0,22	4,89	2,92	4,12	2,72	0,33	1,7
138	K251022	1,54	0,112	2,41	0,17	3,72	3,49	5,19	3,42	0,31	1,7
139	K251023	1,32	0,113	2,38	0,15	3,15	3,87	5,90	3,87	0,30	1,7
140	K251024	1,00	0,117	2,33	0,12	2,33	4,66	7,35	4,66	0,29	1,7
141	K251031	1,62	0,102	2,59	0,17	4,20	4,52	4,54	3,00	0,32	1,7
142	K251032	1,28	0,104	2,57	0,13	3,29	5,58	5,61	3,70	0,31	1,7
143	K251033	1,11	0,104	2,55	0,12	2,84	5,98	6,32	4,17	0,30	1,7
144	K251034	0,86	0,106	2,52	0,09	2,17	7,29	7,77	5,13	0,29	1,7
145	K251511	4,13	0,165	1,99	0,68	8,21	0,74	3,09	0,74	0,42	1,7
146	K251512	2,86	0,179	1,99	0,51	5,70	0,94	4,19	0,94	0,40	1,7
147	K251513	2,32	0,188	2,02	0,44	4,68	1,08	4,91	1,08	0,39	1,7
148	K251514	1,60	0,207	2,11	0,33	3,38	1,39	6,40	1,39	0,37	1,7
149	K251521	2,92	0,114	2,38	0,33	6,94	2,32	3,30	2,18	0,34	1,7
150	K251522	2,13	0,117	2,32	0,25	4,96	2,91	4,40	2,90	0,32	1,7
151	K251523	1,78	0,120	2,29	0,21	4,07	3,30	5,13	3,30	0,31	1,7
152	K251524	1,28	0,124	2,23	0,16	2,86	4,13	6,62	4,13	0,30	1,7
153	K251531	2,01	0,106	2,53	0,21	5,08	3,94	3,96	2,61	0,33	1,7
154	K251532	1,54	0,107	2,49	0,17	3,85	5,03	5,05	3,33	0,31	1,7
155	K251533	1,32	0,109	2,47	0,14	3,26	5,75	5,78	3,82	0,30	1,7
156	K251534	0,99	0,111	2,42	0,11	2,41	6,96	7,27	4,80	0,29	1,7

Nr.	Träger	Mm/Wm [N/mm²]	kp [N/mm²]	kl [N/mm²]	sig 1,90 [N/mm²]	sig m [N/mm²]	V [m³]	Vb [m³]	Vred [m³]	kvol [-]	kdiss [-]
157	K252011	9,19	0,156	2,01	1,43	18,44	0,47	2,15	0,47	0,46	1,7
158	K252012	5,40	0,175	1,99	0,95	10,75	0,66	3,26	0,66	0,43	1,7
159	K252013	4,06	0,187	2,01	0,76	8,17	0,80	4,00	0,80	0,42	1,7
160	K252014	2,51	0,211	2,14	0,53	5,37	1,12	5,52	1,12	0,39	1,7
161	K252021	4,76	0,114	2,37	0,54	11,28	1,67	2,45	1,61	0,36	1,7
162	K252022	3,20	0,119	2,30	0,38	7,36	2,27	3,56	2,27	0,34	1,7
163	K252023	2,56	0,122	2,25	0,31	5,77	2,67	4,30	2,67	0,33	1,7
164	K252024	1,73	0,129	2,18	0,22	3,78	3,52	5,81	3,52	0,31	1,7
165	K252031	2,58	0,108	2,48	0,28	6,40	3,34	3,35	2,21	0,34	1,7
166	K252032	1,91	0,110	2,44	0,21	4,66	4,44	4,46	2,95	0,32	1,7
167	K252033	1,60	0,112	2,41	0,18	3,87	5,19	5,20	3,43	0,31	1,7
168	K252034	1,17	0,115	2,36	0,14	2,76	6,71	6,72	4,43	0,30	1,7
169	K252511	40,37	0,129	2,17	5,22	87,79	0,18	1,14	0,18	0,56	1,7
170	K252512	15,00	0,153	2,01	2,30	30,24	0,35	2,26	0,35	0,49	1,7
171	K252513	9,49	0,169	1,99	1,61	18,86	0,48	3,00	0,48	0,46	1,7
172	K252514	4,74	0,200	2,07	0,95	9,79	0,77	4,53	0,77	0,42	1,7
173	K252521	9,50	0,112	2,41	1,06	22,93	0,99	1,53	0,99	0,40	1,7
174	K252522	5,54	0,117	2,32	0,65	12,83	1,57	2,65	1,57	0,36	1,7
175	K252523	4,14	0,121	2,26	0,50	9,37	1,97	3,40	1,97	0,35	1,7
176	K252524	2,55	0,130	2,17	0,33	5,53	2,82	4,93	2,82	0,32	1,7
177	K252531	3,44	0,109	2,46	0,37	8,47	2,72	2,72	1,80	0,35	1,7
178	K252532	2,44	0,112	2,41	0,27	5,88	3,84	3,84	2,54	0,33	1,7
179	K252533	2,00	0,114	2,38	0,23	4,76	4,59	4,59	3,03	0,32	1,7
180	K252534	1,41	0,118	2,32	0,17	3,27	6,14	6,12	4,04	0,30	1,7

sig 1,90FE sig 1,90EC	sig mFE sig mEC	VFE VredEC	kvolFE kvolEC	kdissFE kdissEC	kvolFE*kdissFE kvolEC*kdissEC	sig 1,90FE sig 1,90EC
0,90	0,91	1,25	0,96	0,87	0,84	1,07
0,85	0,95	1,41	0,93	0,89	0,83	1,02
0,82	0,97	1,43	0,93	0,90	0,83	0,98
0,75	0,96	1,50	0,92	0,91	0,84	0,90
0,81	0,82	0,80	1,04	0,88	0,92	0,88
0,76	0,83	0,77	1,05	0,88	0,93	0,82
0,72	0,83	0,77	1,05	0,88	0,92	0,78
0,65	0,84	0,75	1,06	0,86	0,92	0,71
0,72	0,82	0,89	1,02	0,89	0,91	0,79
0,65	0,83	0,78	1,05	0,89	0,93	0,69
0,59	0,83	0,75	1,06	0,89	0,94	0,63
0,50	0,84	0,61	1,10	0,87	0,96	0,52
0,88	0,78	1,03	0,99	0,88	0,87	1,00
0,85	0,83	1,24	0,96	0,87	0,84	1,02
0,84	0,85	1,35	0,94	0,88	0,83	1,01
0,79	0,87	1,49	0,92	0,90	0,83	0,95
0,87	0,81	0,80	1,05	0,88	0,92	0,95
0,82	0,81	0,83	1,04	0,90	0,94	0,87
0,78	0,82	0,82	1,04	0,90	0,93	0,84
0,71	0,82	0,87	1,03	0,89	0,92	0,77
0,77	0,83	0,96	1,01	0,89	0,89	0,87
0,71	0,82	0,84	1,04	0,89	0,93	0,76
0,66	0,83	0,79	1,05	0,89	0,94	0,70
0,56	0,82	0,68	1,08	0,88	0,95	0,59

Trägerformen

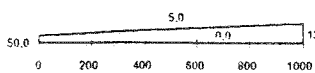
Maße [cm]

$c = 0,0$

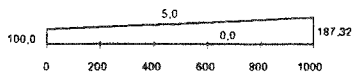
$\alpha = 5^\circ$

$\beta = 0^\circ$

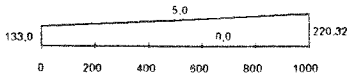
K050011



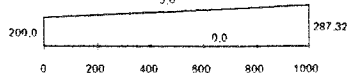
K050012



K050013



K050014

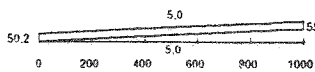


$c = 0,125$

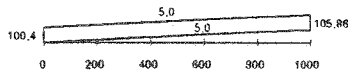
$\alpha = 5^\circ$

$\beta = 5^\circ$

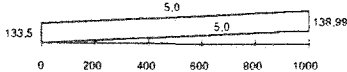
K050511



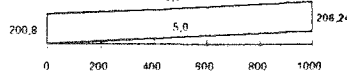
K050512



K050513

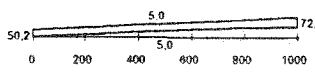


K050514

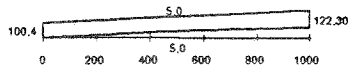


$c = 0,5$

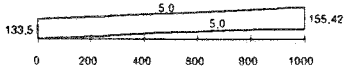
K050521



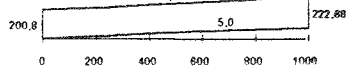
K050522



K050523

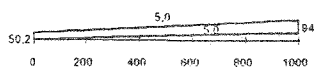


K050524

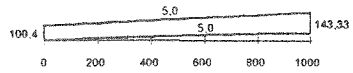


$c = 0,98$

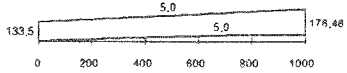
K050531



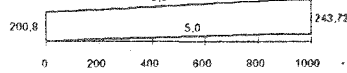
K050532



K050533



K050534

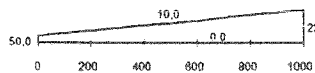


$c = 0,0$

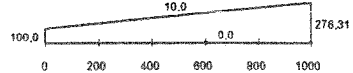
$\alpha = 10^\circ$

$\beta = 0^\circ$

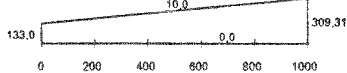
K100011



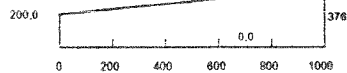
K100012



K100013



K100014

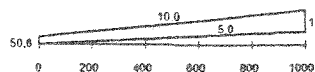


$c = 0,125$

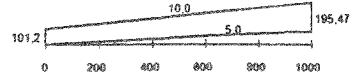
$\alpha = 10^\circ$

$\beta = 5^\circ$

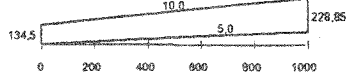
K100511



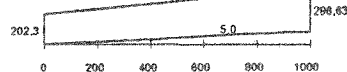
K100512



K100513

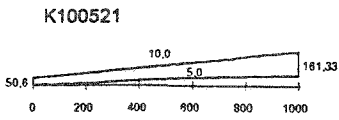


K100514

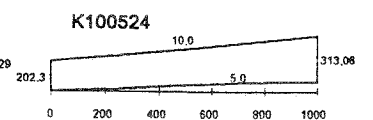
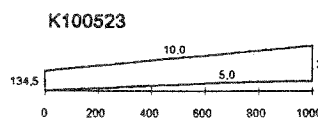


Maße [cm]

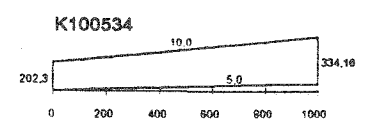
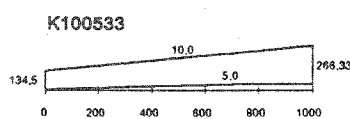
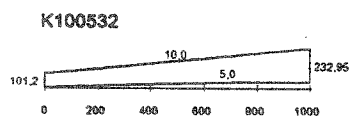
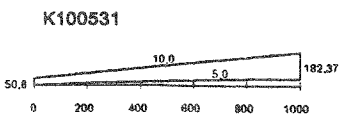
$c = 0,5$



K100522
nicht berechnet



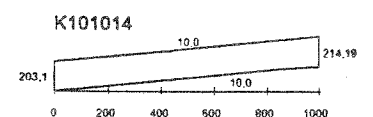
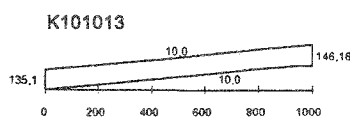
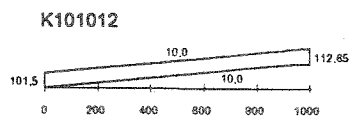
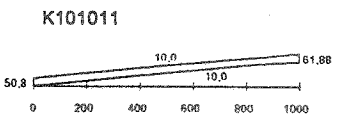
$c = 0,98$



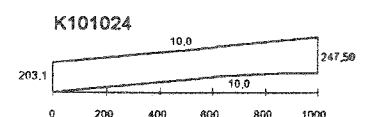
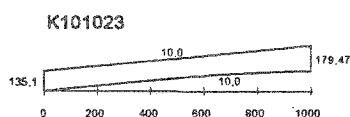
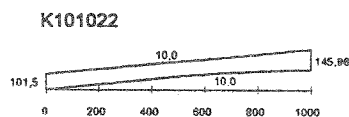
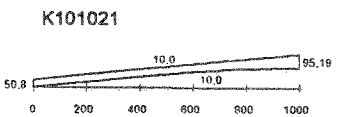
$c = 0,125$

$\alpha = 10^\circ$

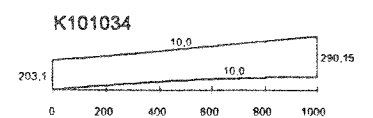
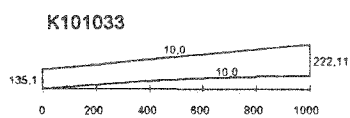
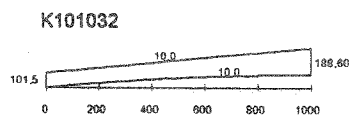
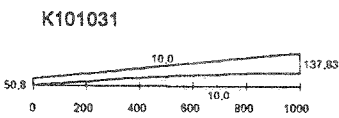
$\beta = 10^\circ$



$c = 0,5$



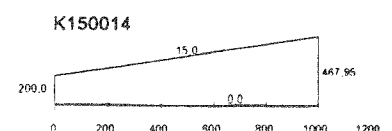
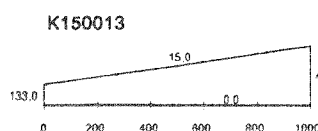
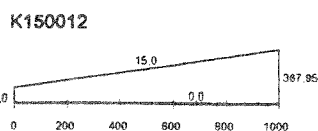
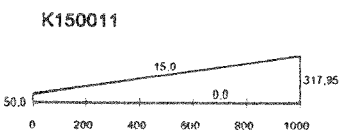
$c = 0,98$



$c = 0,0$

$\alpha = 15^\circ$

$\beta = 0^\circ$



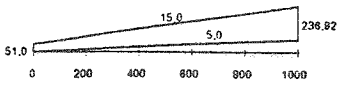
Maße [cm]

$c = 0,125$

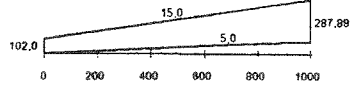
$\alpha = 15^\circ$

$\beta = 5^\circ$

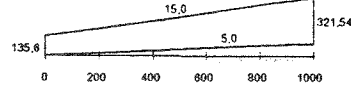
K150511



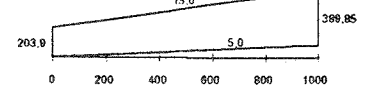
K150512



K150513

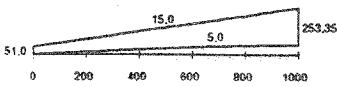


K150514

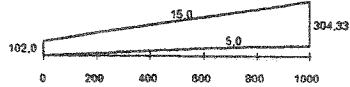


$c = 0,5$

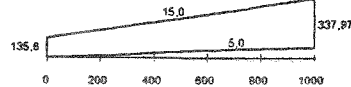
K150521



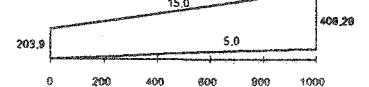
K150522



K150523

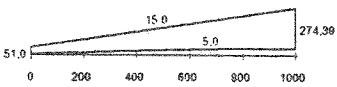


K150524

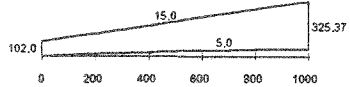


$c = 0,98$

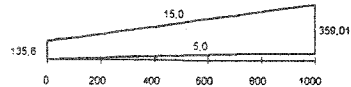
K150531



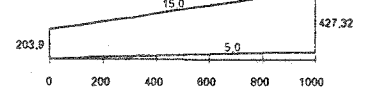
K150532



K150533



K150534

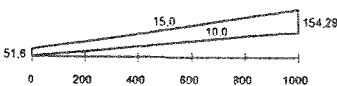


$c = 0,125$

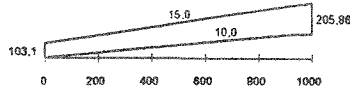
$\alpha = 15^\circ$

$\beta = 10^\circ$

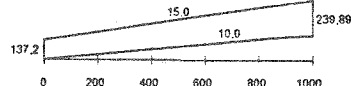
K151011



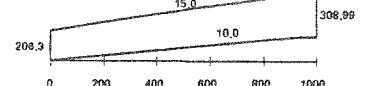
K151012



K151013

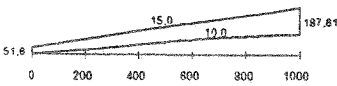


K151014

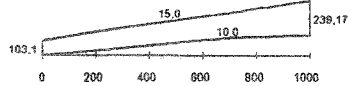


$c = 0,5$

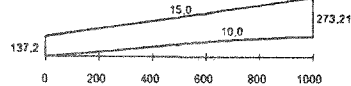
K151021



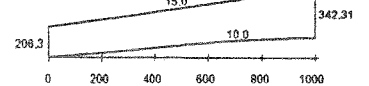
K151022



K151023

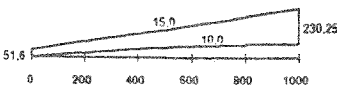


K151024

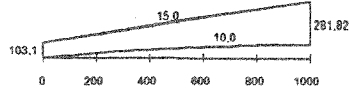


$c = 0,98$

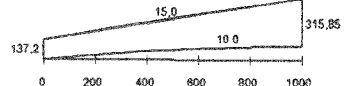
K151031



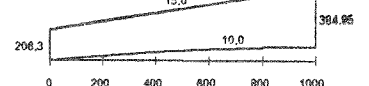
K151032



K151033



K151034



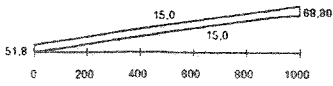
Maße [cm]

$c = 0,125$

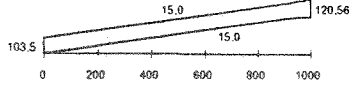
$\alpha = 15^\circ$

$\beta = 15^\circ$

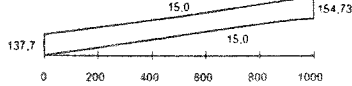
K151511



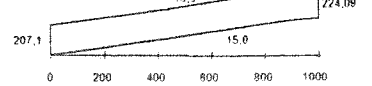
K151512



K151513

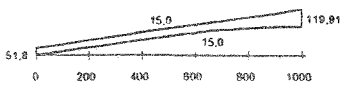


K151514

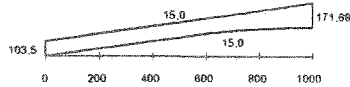


$c = 0,5$

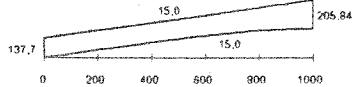
K151521



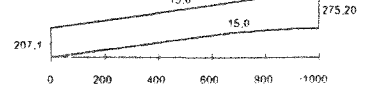
K151522



K151523

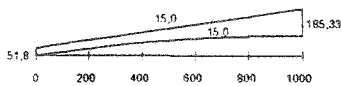


K151524

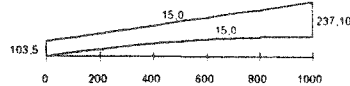


$c = 0,98$

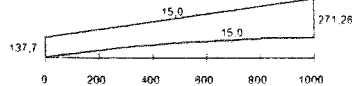
K151531



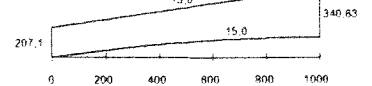
K151532



K151533



K151534

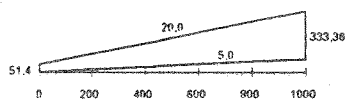


$c = 0,125$

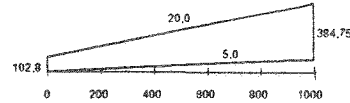
$\alpha = 20^\circ$

$\beta = 5^\circ$

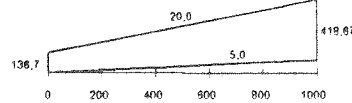
K200511



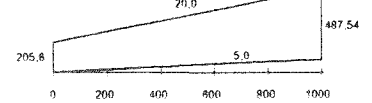
K200512



K200513

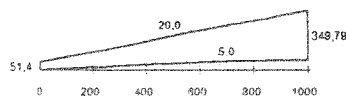


K200514

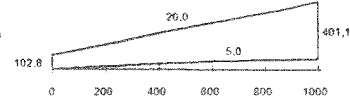


$c = 0,5$

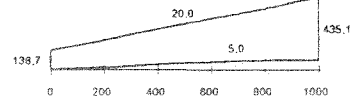
K200521



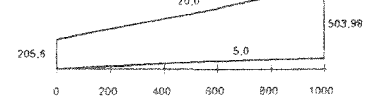
K200522



K200523

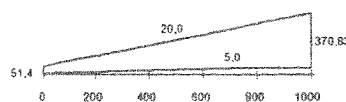


K200524

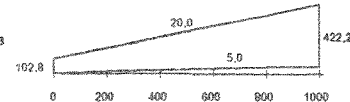


$c = 0,98$

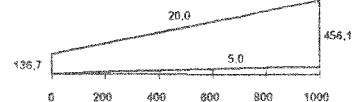
K200531



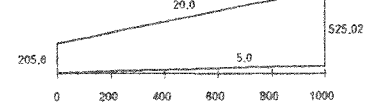
K200532



K200533



K200534



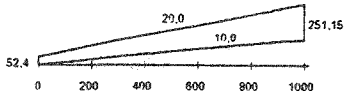
Maße [cm]

$c = 0,125$

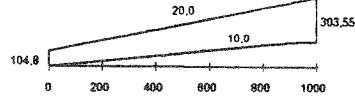
$\alpha = 20^\circ$

$\beta = 10^\circ$

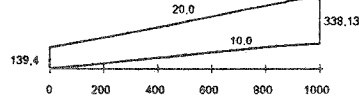
K201011



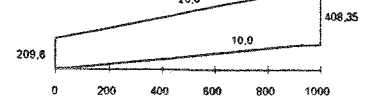
K201012



K201013

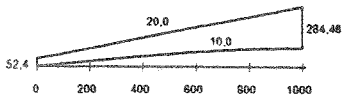


K201014

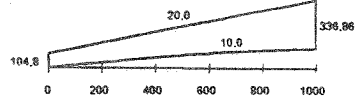


$c = 0,5$

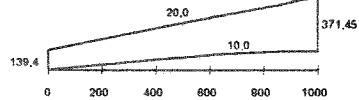
K201021



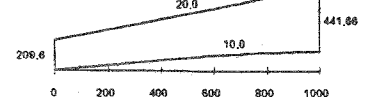
K201022



K201023

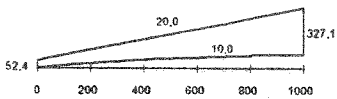


K201024

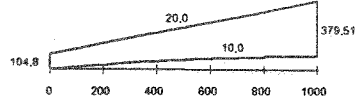


$c = 0,98$

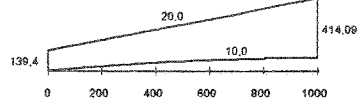
K201031



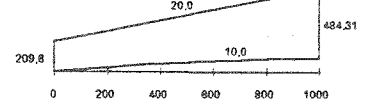
K201032



K201033



K201034

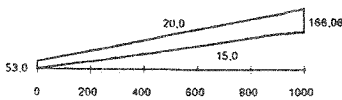


$c = 0,125$

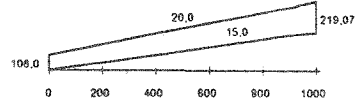
$\alpha = 20^\circ$

$\beta = 15^\circ$

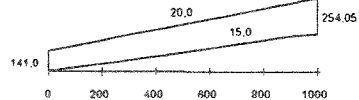
K201511



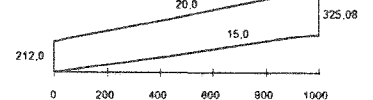
K201512



K201513

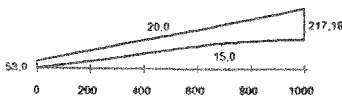


K201514

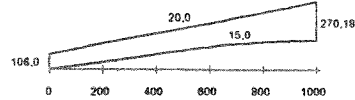


$c = 0,5$

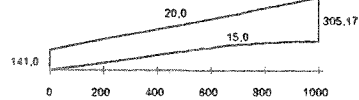
K201521



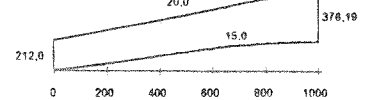
K201522



K201523

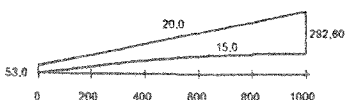


K201524

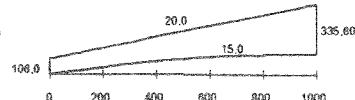


$c = 0,98$

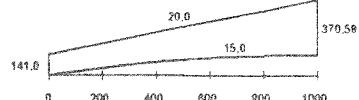
K201531



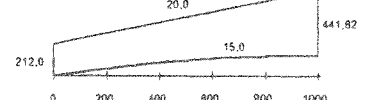
K201532



K201533



K201534

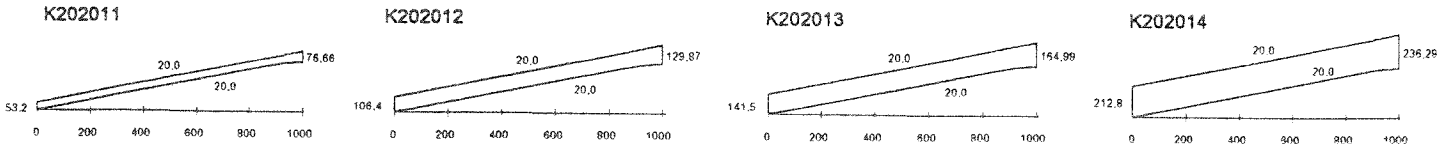


Maße [cm]

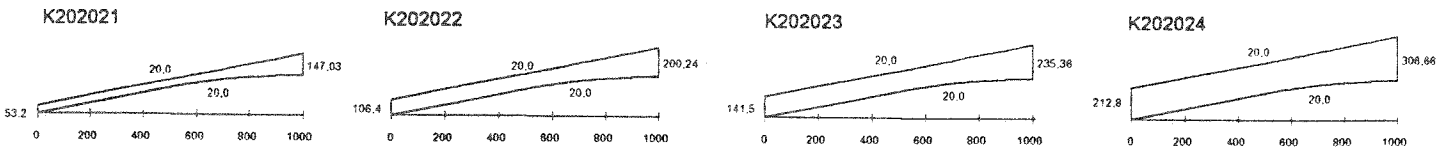
$c = 0,125$

$\alpha = 20^\circ$

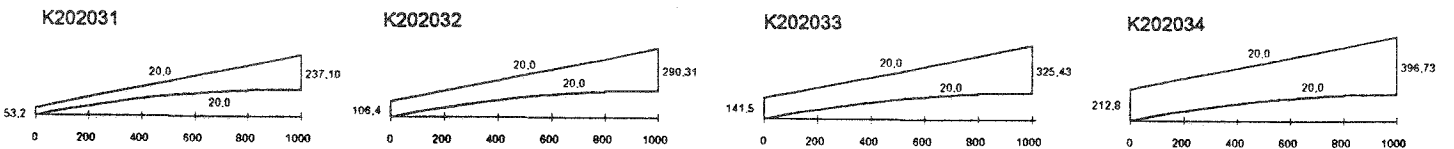
$\beta = 20^\circ$



$c = 0,5$



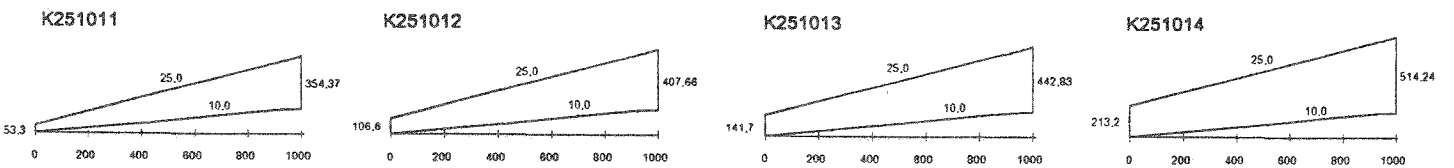
$c = 0,98$



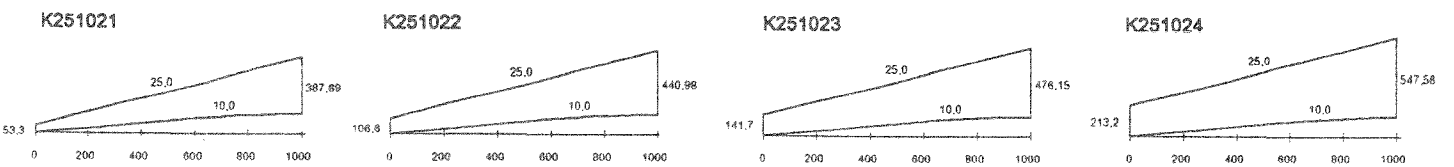
$c = 0,125$

$\alpha = 25^\circ$

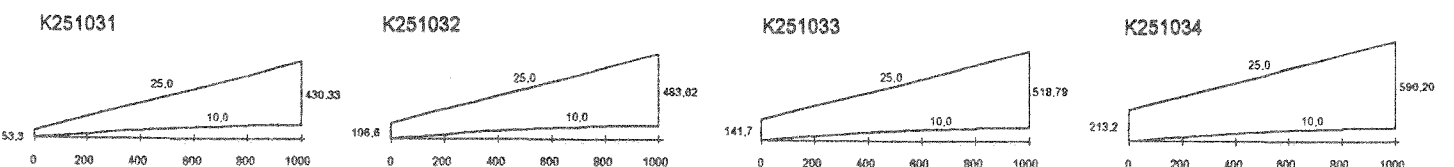
$\beta = 10^\circ$



$c = 0,5$



$c = 0,98$



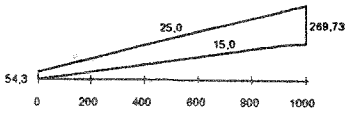
Maße [cm]

$c = 0,125$

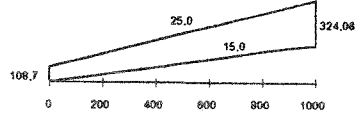
$\alpha = 25^\circ$

$\beta = 15^\circ$

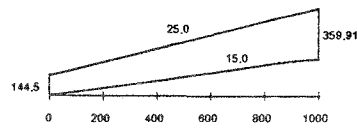
K251511



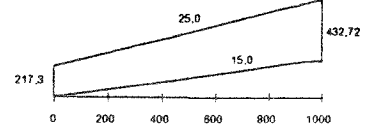
K251512



K251513

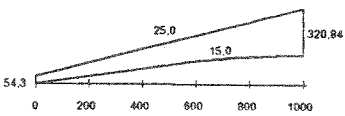


K251514

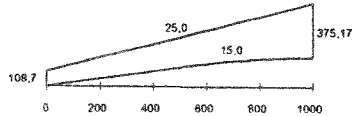


$c = 0,5$

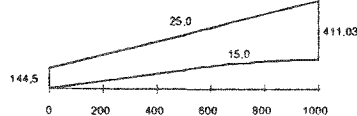
K251521



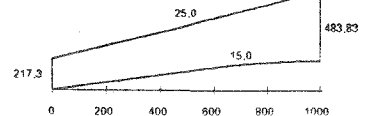
K251522



K251523

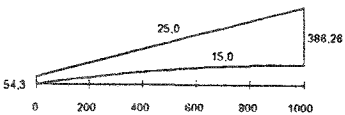


K251524

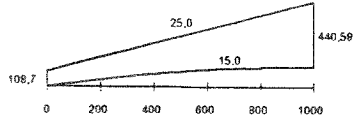


$c = 0,98$

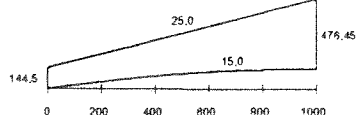
K251531



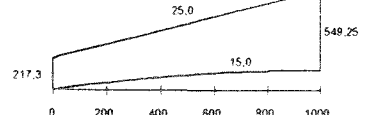
K251532



K251533



K251534

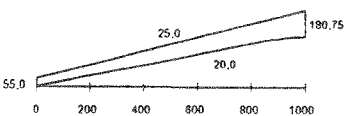


$c = 0,125$

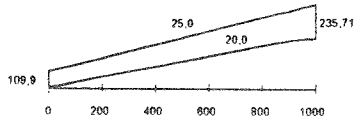
$\alpha = 25^\circ$

$\beta = 20^\circ$

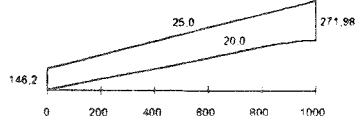
K252011



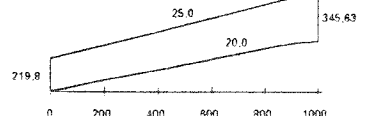
K252012



K252013

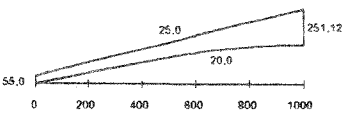


K252014

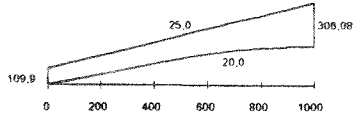


$c = 0,5$

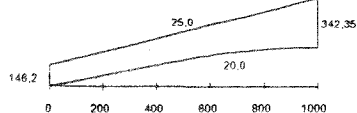
K252021



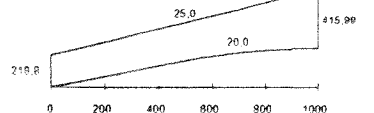
K252022



K252023

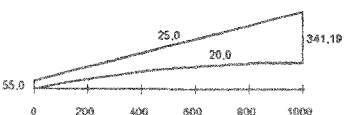


K252024

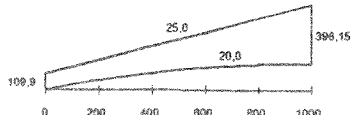


$c = 0,98$

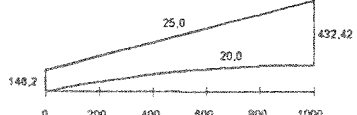
K252031



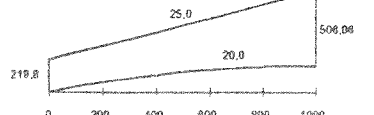
K252032



K252033



K252034



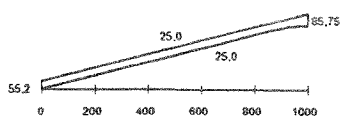
Maße [cm]

$c = 0,125$

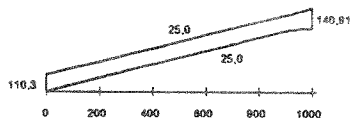
$\alpha = 25^\circ$

$\beta = 25^\circ$

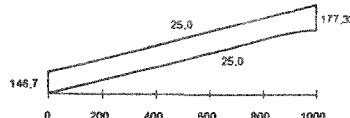
K252511



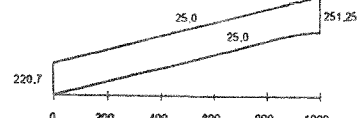
K252512



K252513

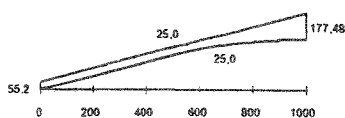


K252514

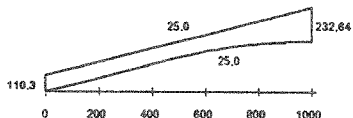


$c = 0,5$

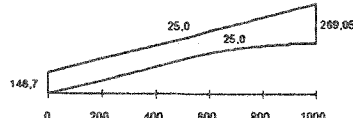
K252521



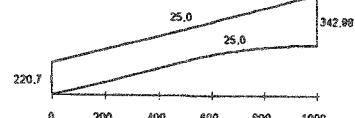
K252522



K252523

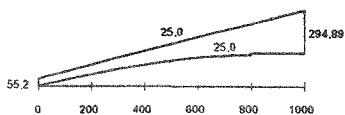


K252524

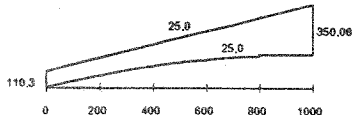


$c = 0,98$

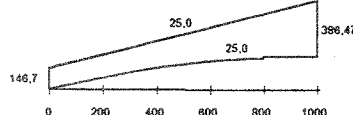
K252531



K252532



K252533



K252534

